Б. М. ВЕЛИЧКОВСКИЙ, В. П. ЗИНЧЕНКО, А. Р. ЛУРИЯ

ПСИХОЛОГИЯ ВОСПРИЯТИЯ

ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1973

2

Учебное пособие "Психология восприятия" представляет собой систематическое изложение современных представлений о структуре и функциях перцептивных процессов. Оно может быть использовано студентами и аспирантами психологических факультетов университетов, а также специалистами в смежных с психологией областях.

Рецензенты: д. м. н. А. И. Коган,
к. п. н. А. И. Назаров.

3

ПРЕДИСЛОВИЕ

Знания о характеристиках и структуре восприятия человека составляют важную часть профессиональной подготовки психолога независимо от его специализации. Большое значение имеют данные о восприятии и для технического моделирования этой психической функции. Все это обусловило стремительный рост числа исследований восприятия, уверенно разделяющего по этому показателю вместе с исследованиями на памяти первое и второе место в мировой экспериментальной психологии.

В последние годы появился ряд руководств, в которых широко представлен богатый фактический материал, накопленный в психологии и, особенно, психофизиологии восприятия. Среди них следует прежде всего отметить "Физиологию сенсорных систем" (Ленинград, "Наука", 1971—72), Handbuch der Psychologie (Göttingen: Verlag der Psychologie, 1966—67), Handbook of Sensory Physiology (Berlin — N-Y: Springer, 1971—73).

В то же время недостаток обобщающих работ и учебников серьезно затрудняет подготовку специалистов именно в данной области. Очевидно, настало время издания учебного пособия, в котором бы строго, но в доступной для студентов младших курсов форме излагались современные представления, факты и теории, относящиеся к психологии восприятия.

Основу настоящего учебного пособия составили материалы лекционных и семинарских занятий, проводившихся в течение ряда лет на факультете психология МГУ. Были использованы также любезно предоставленные Т. П. Зинченко материалы по психофизике восприятия. Особое внимание было обращено на рациональное размещение всей этой обширной информации по главам и разделам книги. Места, имеющие второстепенное значение или конкретизирующие высказанные положения, даны в тексте петитом.

Поскольку подобное учебное пособие выходит впервые, мы будем особенно признательны за критические замечания и пожелания, которые просим направлять по адресу: Москва, К-9, проспект Маркса, 18/5, факультет психологии МГУ.

Большую работу по оформлению книги провели художник

4

В. В. Долженков и М. С. Тяпченкова. Разнообразную техническую помощь при подготовке учебного пособия оказывали студенты и аспиранты факультета психологии А. Б. Леонова, Н. В. Цзен и А. Н. Ямщиков. Всем им мы глубоко благодарны.

Москва, ноябрь, 1972 г. Авторы.

5

I. ЧТО ТАКОЕ ВОСПРИЯТИЕ?

1. Восприятие как форма отражения

Восприятие окружающего нас мира — это начальный момент психических процессов, поэтому его изучение принадлежит к числу важнейших задач психологии. Значение восприятия в структуре познавательных процессов определяется двумя обстоятельствами. Во-первых, — непосредственное, чувственное отражение действительности играет огромную роль в организации практической деятельности субъекта, ибо, как указывал еще И. М. Сеченов, "всякое целесообразное действие регулируется чувствованиями". Во-вторых, — перцептивные процессы служат основой для формирования мышления, что выражалось философами-сенсуалистами в следующей краткой форме: "ничто не существует в интеллекте, чего раньше не было бы в ощущениях".

Вместе с тем исследование восприятия имеет существенное философское значение, так как оно неизбежно затрагивает гносеологические проблемы отношения материального и идеального, познаваемости мира и специфики различных фаз процесса познания.

Единственный верный ответ на вопрос о природе восприятия дает ленинская теория отражения. Диалектический материализм рассматривает психику как отражение объективно существующей действительности. Среди различных форм психического отражения действительности восприятие представляет собой ее отражение в наглядно-чувственной форме. Восприятие — лишь первая ступень познания, над которой надстраивается вторая — отражение мира в абстрактно-логической или теоретической форме.

Психический образ, в том числе образ восприятия, выполняет по отношению к деятельности субъекта ориентирующую и регулирующую функции. Критерием истинности знаний, получаемых субъектом при помощи органов чувств, служит успешность практической деятельности во внешнем мире. "Человек, — по словам В. И. Ленина, — не мог бы биологически приспособиться к среде, если бы его ощущения не давали ему объективно-правильного

6

представления о ней"[x)].

Ленинская теория отражения противостоит попыткам идеалистической трактовки восприятия. Так, философы-агностики Д. Юм (1748) и И. Кант (1781) считали наши ощущения и восприятия лишь символами, условными знаками непознаваемых внешних агентов. Еще дальше пошли субъективные идеалисты Дж. Беркли (1710) и Э. Мах (1885), рассматривавшие субъективные образы в качестве единственной реальности, в результате чего мир объявлялся совокупностью ощущений человека.

Подобные ошибочные взгляды разделялись многими психологами и физиологами, занимавшимися изучением работы органов чувств человека. Причина этого заключалась прежде всего в исключительной сложности перцептивных процессов. Долгое время вникание исследователей было привлечено к изучению относительно элементарных сенсорных процессов, возникающих в органе чувств под действием раздражителя, в то время как сам процесс восприятия, его формирование и роль в практической деятельности субъекта оставались за пределами исследования. Этот подход к проблеме нашел свое выражение в рецепторной концепции ощущений, согласно которой ощущения и восприятия возникают в результате воздействия внешних агентов на пассивные органы чувств. Однако, игнорируя деятельность субъекта, психологи лишались возможности понять, каким путем образ восприятия приводится в соответствие с объективной действительностью.

В 1826 году немецкий физиолог И. Мюллер выдвинул принцип специфических энергий органов чувств. В его основу были положены факты, согласно которым, воздействуя на некоторый орган чувств различными по физической энергии раздражителями, можно получить одинаковые по качеству ощущения, а одни и те же раздражители, воздействуя на разные органы чувств, приводят к возникновению различных ощущений. Так, световые ощущения возникает не только при раздражении сетчатки светом, но также и при раздражении электрическим током ила давлением (ощущения фосгена). С другой стороны, механический раздражитель может дать ощущения давления при воздействии на кожу и ощущения звука при воздействии на слуховые рецепторы. Отсюда И. Мюллер сделал вывод, что качество ощущений определяется лишь присущей

7

каждому органу чувств специфической энергией, иначе говоря, что воспринимаются не качества предметов, а различные состояния периферических сенсорных аппаратов.

Вслед за И. Мюллером подобные взгляды были высказаны крупнейшим физиологом девятнадцатого столетия Г. Гельмгольцем (1894). Разработав первую научную теорию слуха и существенно дополнив теорию цветового зрения, Г. Гельмгольц, однако, разделял идеалистическую трактовку принципа специфических энергий. Более того, обнаружив, что одни волокна слухового нерва связаны с передачей сигналов о низких тонах, а другие — о

высоких, он предположил существование специфических энергий даже для отдельных волокон слухового нерва.

Современная психология и психофизиология располагают большим количеством данных, доказывающих несостоятельность "физиологического идеализма" И. Мюллера и Г. Гельмгольца.

К ним прежде всего относятся данные о развитии перцептивных процессов. Восприятие меняется вместе с изменением условий существования живых существ и связанным с этим усложнением их поведения. Восприятие проходит долгий путь развития от отражения свойств объектов до отражения целостных предметных ситуаций. В ходе эволюции возрастает специализация органов чувств, в результате чего они оказываются чувствительными только к определенным формам энергии раздражителей. Поэтому необходимо различать раздражители, адекватные для данного органа чувств инеадекватные для него. Даже если при помощи неадекватного раздражителя и удается вызвать ощущение, то, как правило, для этого требуется гораздо больше энергии, чем в случае адекватного раздражителя. Так, зрительное ощущение вызывается световым раздражителем, энергия которого в миллиарды раз меньше, чем энергия механического удара, достаточно сильного для получения фосфена.

Отражение внешнего мира осуществляется на основе рецепции адекватного раздражения. Об этом говорит хотя бы различие между богатством слуховых, речевых и музыкальных восприятий и теми беспорядочными и неоформленными ощущениями, которые возникают в ответ на электрическое раздражение слухового нерва.

Восприятие, следовательно, отражает действительные свойства предметов и явлений внешнего мира, оно не отделяет, а соединяет

8

нас с ним.

Этот вывод подтверждается данными об активной структуре процессов, приводящих к созданию субъективного образа. Около 100 лет назад господствовавшая в то время рецепторная концепция восприятий была поставлена под сомнение замечательным русским физиологом И. М. Сеченовым (1863). Он высказал мысль, что психические процессы, в том числе и восприятие, не являются пассивными, а имеют рефлекторное строение и включают наряду с афферентными, рецепторными, также и эфферентные, двигательные, звенья.

> Действительно, если на неподвижную руку испытуемого положить даже знакомый ему предмет, он не воспримет ничего, кроме чего-то холодного или теплого, острого или тупого. Отчетливое восприятие предмета возникает только тогда, когда субъект начинает активно ощупывать предмет рукой.
>
> И. М. Сеченов предположил, что глаз человека можно сравнить с активной рукой, ощупывающей данный предмет.
>
> В настоящее время получены убедительные доказательства рефлекторной структуры процессов, лежащих в основе различных видов восприятия. В частности, оказалось, что активные движения глаз необходимы для каждого зрительного восприятия.
>
> Факты, свидетельствующие об этом, были получены советским психофизиологом А. Л. Ярбусом. В его опытах к склере глаза испытуемого прикреплялась резиновая присоска, на которой находились миниатюрное изображение и источник света. Из-за жесткой связи корпуса присоски с глазом изображение было стабилизированным относительно сетчатки. Оказалось, что неподвижный глаз также слеп, как неподвижная рука неспособна воспринимать положенный на нее неподвижный предмет. Стабилизированное изображение воспринималось только в течение первых 1—3 секунд, а затем оно исчезало, и испытуемый видел "пустое поле".

Для материалистического понимания природы восприятия особенное значение имеют факты, согласно которым в ходе построения образа происходит уподобление динамики моторных звеньев свойствам предмета. "Идет ли речь о контурах и величине или

9

об удалении и относительном расположении предметов, — писал И. М. Сеченов, — двигательные реакции глаз и рук при ощупывании равнозначны по смыслу"[x)]. В движениях органов чувств происходит непосредственное воспроизведение или уподобление субъекта свойствам воспринимаемого предмета. Этот принцип построения образа восприятия был назван А. Н. Леонтьевым (1959)принципом уподобления.

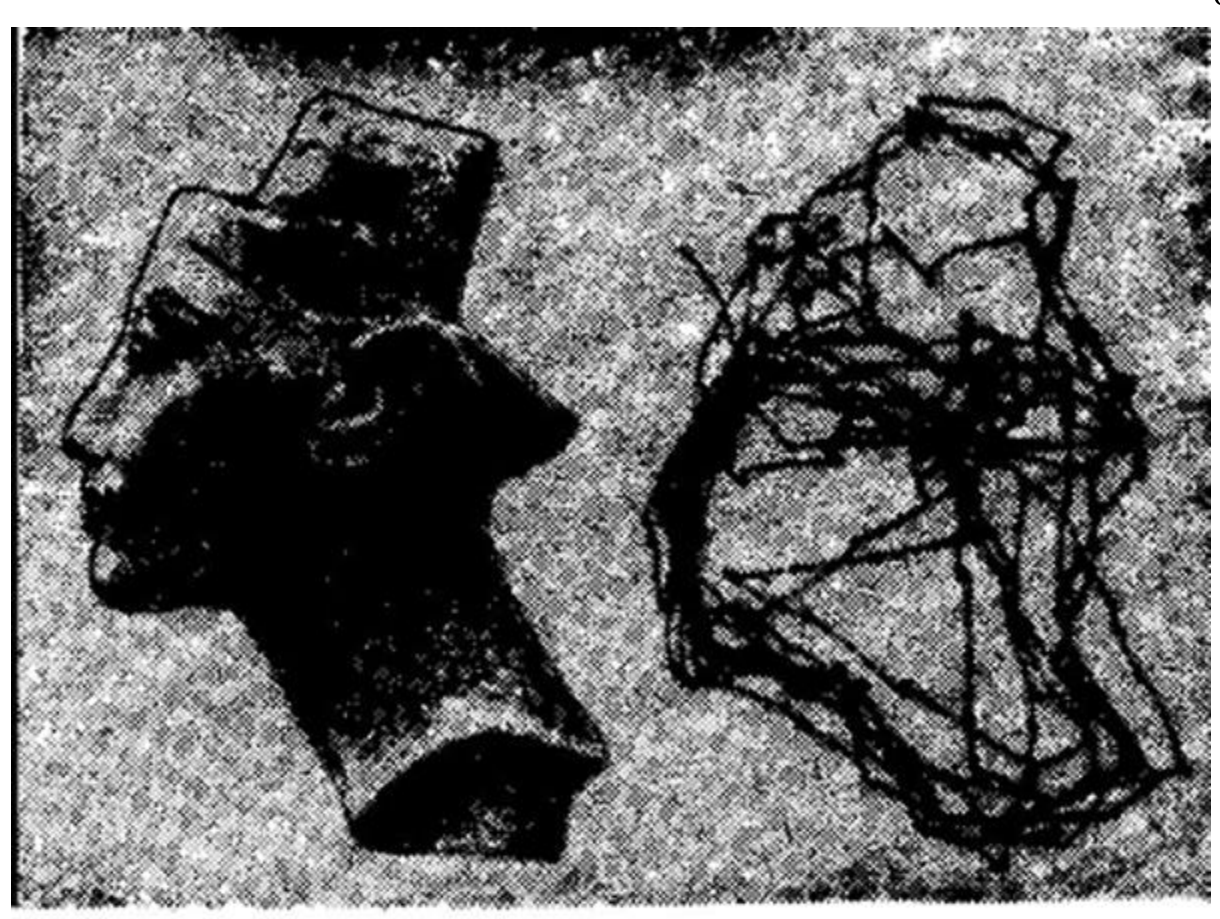
Многочисленные данные, показывающие, что при осязании движения рук повторяют по своей форме очертания объекта, как бы уподобляясь его структуре, получены в исследованиях Б. Н. Ананьева и его сотрудников.

Справедливость принципа уподобления для зрительного восприятия доказывается, например, работами А. Л. Ярбуса. В одном из своих опытов он регистрировал движения глаз, сопровождающих рассматривание сложных изображений. Для этого, как и в опытах со стабилизацией, к склере глаза прикреплялась резиновая присоска, однако на этот раз на ней находилось маленькое зеркальце. Световые лучи, падавшие на зеркальце от внешнего осветителя, отражались на фотографическую бумагу и воспроизводили на ней все движения глаз. На рис. 1 показана траектория движений глаз при рассматривании изображения Нефертити. Как видно, глаза наблюдателя не остаются неподвижными. Они активно выделяют наиболее информативные, существенные детали рисунка, а иногда даже обводят его контур.

Восприятие человека неразрывно связано с общественной практикой. По выражению К. Маркса, точная дифференциация ощущений человека является "продуктом всей всемирной истории". Социальная природа восприятия человека проявляется в его обобщенности и категоризованности. Привлечение для осмышления воспринятой информации сложной системы смысловых связей не снижает, а, наоборот, повышает адекватность восприятия, так как понятийный аппарат мышления сам сформировался в процессе общественной практики.

Таким образом, восприятие представляет собой непосредственно-чувственное отражение действительности. Это активный

10



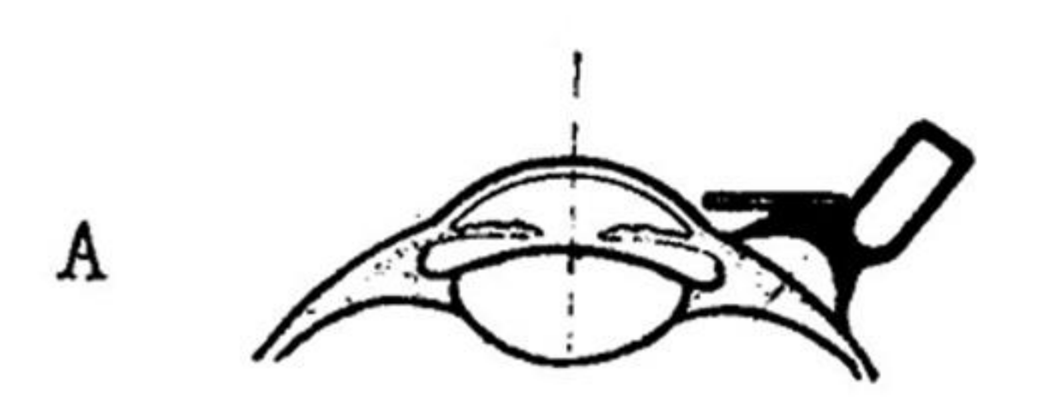


Рис. 1. Движения глаз наблюдателя при рассматривании изображения Нефертити (по А. Л. Ярбусу, 1965).
А — присоска А. Л. Ярбуса в разрезе.

11
рефлекторный процесс, определяющийся задачами и целями деятельности субъекта. Изучение восприятия как процесса, "переводящего" отражаемую объективную действительность в субъективное содержание отражения, и составляет основную задачу психологии восприятия.

2. Теории восприятия

Теоретические взгляды на природу восприятия всегда отражали общие позиции их авторов, а также уровень развития, достигнутый психологической наукой.

Первая, основанная на научных наблюдениях, теория была выдвинута ассоциативной психологией. Наибольшего влияния ассоциативная теория восприятия достигла во второй половине XIX века. Ее виднейшими представителями были немецкие ученые И. Мюллер (1826), Э. Мах (1865), Г. Гельмгольц (1867), Э. Геринг (1879), В. Вундт (1887), Г. Э. Мюллер (1896) и американский психолог Э. Б. Титченер (1898). Несмотря на значительные различия в объяснении частных проблем, эти психологи придерживались общих взглядов на природу восприятия. По их мнению, воспринимаемый нами образ является на самом деле сложным объединением первичных элементов сознания — ощущений. При этом само ощущение понималось как осознанное состояние органа чувств, подвергнувшегося воздействию изолированного внешнего раздражителя[x)]. Таким образом, в основу ассоциативной теории восприятия легли принцип специфических энергий органов чувств и рецепторная концепция ощущений. Объединение ощущений в восприятие осуществляется посредством ассоциаций по смежности или по сходству. Этот ассоциативный механизм определяет ведущую роль прошлого опыта для возникновения восприятия. Некоторые из этих авторов, как, например. В. Вундт и Г. Гельмгольц, привлекали для объяснения процессов синтеза

12

ощущений в восприятие также и внутреннюю активность субъекта в виде волевой апперцепции или интеллектуальных бессознательных умозаключений.

Одной из центральных проблем для ассоциативной психологии была проблема восприятия пространства. Трудность заключалась в определении первичных ощущений, из которых строится восприятие пространства, и способов этого объединения. Согласно нативистам, к которым относились И. Мюллер и Э. Геринг, такие определяющие пространственные восприятия характеристики, как, например, "верх" и "низ" являются врожденными и связаны с раздражением определенных участков рецепторных поверхностей органов чувств. По мнению другой группы ученых — эмпиристов, в число которых входили Г. Гельмгольц и В. Вундт, значение "верх" и "низ" ассоциируется с ощущениями по мере накопления прошлого опыта.

Основная ошибка ассоциативной теории заключалась в том, что она привлекала для объяснения одних субъективных данных другие, пытаясь тем самым вывести сознание из самого себя. Эта ошибка особенно ярко выступила в работах структуралистской школы, возглавлявшейся учеником В. Вундта Э. Б. Титченером. Структуралисты считали, что раз восприятие является комплексом ощущений, то задача психолога состоит в том, чтобы путем самонаблюдения найти в своем субъективном опыте элементарные ощущения, а затем изолировать и описать их. Этот метод был назван методом аналитической интроспекции. Естественно, что при такой постановке вопроса все подлинные проблемы восприятия, связанные с ориентирующей функцией образа и его формированием в деятельности субъекта, оставались вне поля психологического исследования. Даже факт предметности нашего восприятия, отражающего не отдельные раздражители, а сами объекты, Э. Б. Титченер считал своеобразной ошибкой наблюдателя, маскирующей проявление исходных элементов сознания — ощущений.

Неспособность ассоцианистской психологии объяснить сколь-нибудь значительные проблемы восприятия привели к тому, что в начале нашего века ассоцианистская трактовка

13

восприятия утратила свое влияние. С резкой критикой ассоцианизма выступила группа немецких психологов, в число которых входили М. Вертхаймер (1912, 1922), В. Кёллер (1917, 1929), К. Коффка (1935) и другие. Они исходили из положения, что все процессы в природе изначально целостны. Поэтому процесс восприятия определяется не единичными элементарными ощущениями, а всем "полем" действующих на организм раздражителей, структурой воспринимаемой ситуации в целом. Именно в силу этого данное направление стало называться гештальтпсихологией[x)].

Методу аналитической интроспекции гештальтпсихологи противопоставили феноменологический метод, сущность которого состоит в непосредственном описании наблюдателем содержания своего восприятия. Психология восприятия, по их мнению, должна ответить на вопрос — "почему мы видим мир таким, каким мы его видим". Иными словами, гештальтисты, подобно структуралистам, отказались от изучения восприятия в связи с выполняемой им функцией. Другим недостатком этого подхода, вытекавшим из феноменологического метода исследования, было отрицание историчности восприятия. Прошлый опыт не способен, по их мнению, изменить восприятие объектов, раз они образуют "хорошую" структуру. Например, в верхней фигуре на рис. 2, имеющей целостный, "прегнантный" характер, очень трудно найти хорошо знакомую цифру 4.

Гештальтпсихологи собрали большое количество экспериментальных данных, позволивших установить основные закономерности возникновения структур при восприятии. Элементы поля объединяются в структуру в зависимости от таких отношений, как близость, сходство, замкнутость, симметричность и т. д. Были открыты закономерности разделения зрительного поля на фигуру и фон, при этом оказалось, что в качестве фигуры выступают те части зрительного поля, где имеются лучшие условия для структурообразования (см. стр. 167).

Гештальтпсихологи считали перцептивные процессы врожденными и объясняли их особенностями организации

14

мозга на уровне коры. Отношение между внешними объектами, мозговыми процессами и феноменальным полем гештальтпсихология характеризовала как изоморфизм, или структурное подобие. Целостность восприятия гештальтпсихология объясняла структурообразующими процессами в мозге, имеющими электрохимическую природу. Представление о том, что психические процессы отражают состояния мозга, а не внешний мир, было новым вариантом физиологического идеализма.

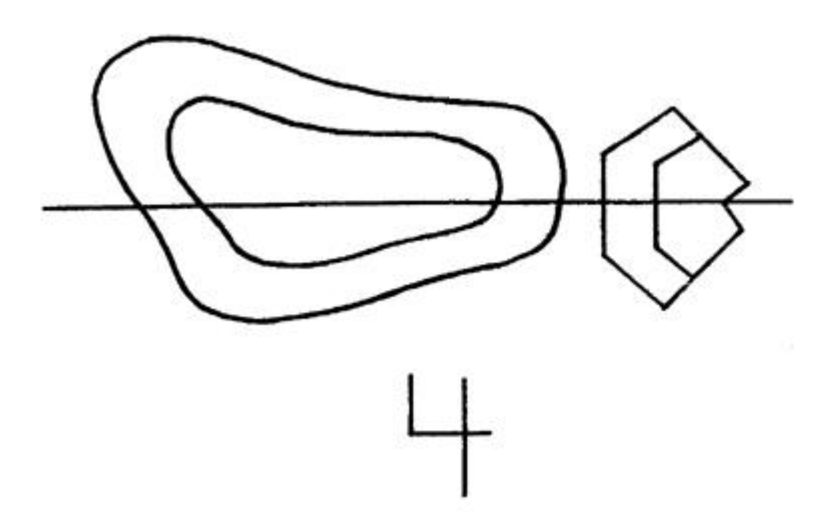


Рис. 2. "Хорошая" форма и прошлый опыт (по В. Кёлеру, 1947).

Поставив ряд таких важных проблем, как восприятие отношений, природа целостности восприятия, физиологические модели перцептивных процессов, гештальтпсихология, однако, не смогла их решить. Это объясняется тем, что ей были свойственны все основные недостатки ассоциативной психологии. Их радикальное преодоление возможно только с совершенно иных методологических позиций — позиций диалектического материализма.

15

Новые пути теоретического анализа восприятия были намечены в работах ряда прогрессивных зарубежных психологов, согласно которым восприятие является результатом активной деятельности субъекта, обеспечивающей получение информации о внешнем мире.

Общебиологическое значение восприятия в регуляции поведения живых организмов подчеркивается в концепции американского психолога Дж. Гибсона (1950, 1966). Восприятие трактуется им как процесс добывания информации о среде, в результате чего неопределенность положения организма в ней уменьшается. Вслед за гештальтпсихологами Дж. Гибсон выступает против ассоцианистской теории восприятия. По его мнению, представление о том, что в первую очередь отражаются изолированные точечные раздражители, неверно уже потому, что одиночный раздражитель не может нести организму никакой информации об объектах внешнего мира и поэтому интереса для него не представляет. Информацию о внешнем мире содержат только организованные системы раздражителей. Например, несколько точек, расположенных в порядке уменьшения их размеров и расстояния между ними, образуют так называемый

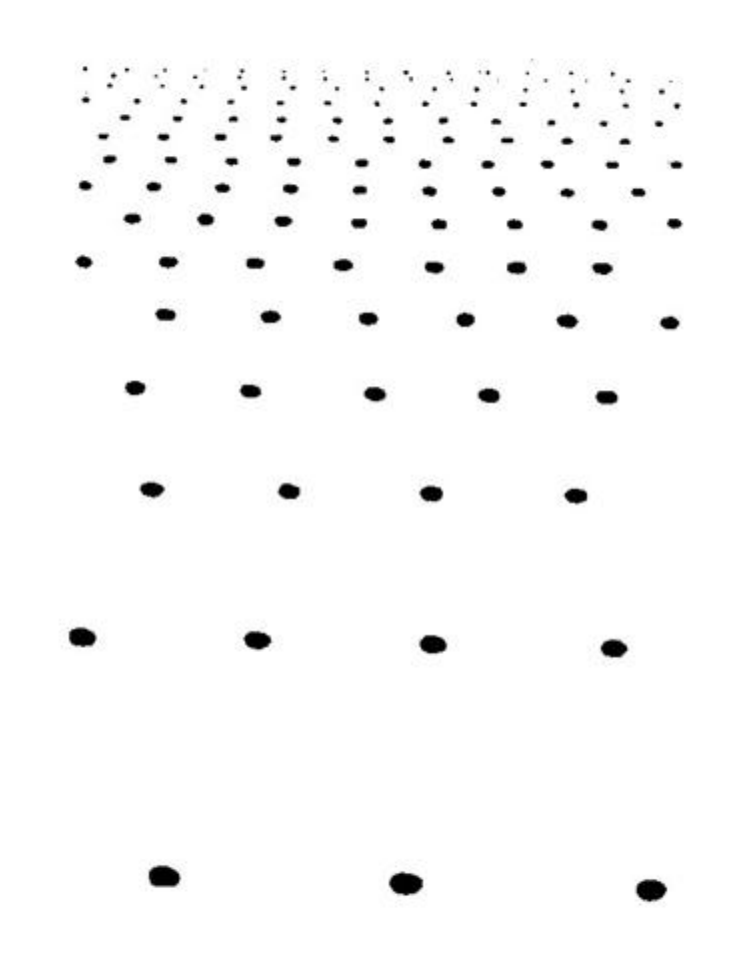


Рис. 3. Градиент величины и плотности Дж. Гибсона.

16

градиент величины и плоскости, несущий организму информацию о протяженности рассматриваемой поверхности в глубину. Поэтому мы воспринимаем рис. 3 как уходящую вдаль поверхность.

Восприятие, по Дж. Гибсону, — активный процесс. Необходимость активности заключается в том, что, вопреки мнению гештальтпсихологов, нет изначального изоморфизма между объектами внешнего мира и их восприятием. Информационное богатство среды не дано организму непосредственно. Его необходимо добыть. Решающую роль при этом играют активные движения всего организма и органов чувств, которые Дж. Гибсон, повторяя мысль И. М. Сеченова, сравнивает с "щупальцами, активно исследующими среду".

Основное ударение в теории Дж. Гибсона сделано на то, что должно быть выделено в потоке стимуляции для того, чтобы наилучшим образом ориентироваться в окружающей среде. При этом, однако, слабо разработан вопрос, каким образом восприятие осуществляется. Слабость этого центрального для теоретического понимания восприятия момента и объясняет тот факт, что в теории Дж. Гибсона почти отсутствует анализ развития восприятия и не вскрыты причины, обуславливающие этот процесс.

Близкие положения сформулированы в теории восприятия канадского психофизиолога Д. О. Хэбба (1949), которая основана на многочисленных клинических, физиологических и генетических фактах. Согласно этой теории восприятие объекта как единого целого не дано изначально. На ранних этапах развития восприятие не так целостно и организованно, как предполагали сторонники гештальтпсихологии. По мнению Д. О. Хэбба, восприятие в своих основных чертах представляет собой прижизненно формируемый навык, которому надо обучаться. Формирование восприятия объекта начинается с избирательного внимания к частям фигуры. В основе восприятия сначала частей, а затем всей фигуры лежат функциональные объединения нейронов коры — клеточные ансамбли. Порядок активации отдельных клеточных ансамблей определяется векторами движений глаз и общей моторной активностью субъекта. Способность воспринять

17

предмет сразу, без движений глаз, на что указывали гештальтисты, представляет собой результат длительной зрительной тренировки, проходящей все время, пока человек смотрит на объекты.

Таким образом, в работах Д. О. Хэбба восприятие объекта трактуется как процесс синтеза отдельных его деталей. Отсюда, однако, не следует, что теория Д. О. Хэбба является возвратом к ассоцианизму, т. к. если ассоционисты говорили, что восприятие начинается с осознания отдельных раздражителей, то у Д. О. Хэбба речь идет об активном выделении частей объекта. В то же время эту теорию нельзя считать общей теорией восприятия. В ней остаются нераскрытыми такие важнейшие проблемы, как восприятие пространства, специфика человеческого восприятия и т. д. Следует отметить, что конкретные нейрофизиологические модели процесса восприятия носят в теории Д. О. Хэбба явно гипотетический характер.

Среди зарубежных концепций развитие восприятия наиболее полно представлено в теории швейцарского психолога Ж. Пиаже (1961). Он также отмечает ошибочность подхода к восприятию со стороны ассоцианистов и гештальтпсихологов. По мнению Ж. Пиаже, помимо постулирования атомизма или изначальной сформированности восприятия есть и другая возможность — рассмотрение развития восприятия как постепенной организации деятельности по установлению отношений между отдельными деталями сенсорного поля.

Экспериментальные данные, полученные Ж. Пиаже и его сотрудниками, показывают, что у ребенка первых месяцев жизни еще нет подлинного восприятия

предметов и пространства, он даже не дифференцирует объекты и себя, не различая, например, изменения вида предметов, вызванные собственными движениями, от изменений, возникших в результате движения предметов. Постоянный характер объекта выступает как следствие организованности пространственного поля, иначе говоря, внутренней схемы непосредственного окружения, с помощью которой ребенок получает возможность предвосхищать последствия

18

собственных движений в среде. Пространственное поле, в свою очередь, формируется в связи с координацией движений ребенка. Таким образом, основу восприятия составляют интериоризованные сенсо-моторные схемы локомоций и манипуляций с предметами.

Большое место в теории Ж. Пиаже отводится анализу различий между восприятием и интеллектом. Когда два объекта сравниваются друг с другом при помощи интеллекта, как это происходит, например, в случае измерения длины предмета посредством линейки, то ни сравниваемое, ни сравнивающее не деформируется самим процессом сравнения. Иначе дело обстоит при чисто перцептивных оценках, которые дают относительно грубые и приблизительные сведения о предмете. Причина перцептивных ошибок заключается в так называемом законе относительных центраций: обращение внимания на какую-либо деталь объекта приводит к ее переоценке. Восприятие представляет собой вероятностный процесс, всегда выделяющий одни стороны объекта в ущерб другим. Следовательно, для адекватного отражения объекта должны учитываться все его стороны. Подобная децентрация возможна только путем привлечения моторной активности субъекта. В результате восприятие становится целостным и стабильным. Эти развитые формы восприятия являются, по словам Ж. Пиаже, "продуктом действий в собственном смысле этого слова, состоящих в реальных или потенциальных перемещениях взгляда или функционирующих органов".

Определение восприятия как действия, делают концепцию Ж. Пиаже наиболее близкой к представлениям, сложившимся в советской психологии. Принципиальное различие между этими теоретическими системами заключается в понимании движущих сил перцептивного развития. Если для Ж. Пиаже развитие — спонтанный адаптивный процесс, то в советской психологии оно трактуется как активное усвоение общественно-исторического опыта, осуществляющееся в русле практической деятельности субъекта.

19

3. Теория перцептивных действий

Теория восприятия, развиваемая в советской психологии, основана на ленинской теории отражения и сеченовской концепции рефлекторного строения психических процессов.

Согласно современным представлениям восприятие представляет собой совокупность процессов, обеспечивающих субъективное, пристрастное и вместе с тем адекватное отражение действительности. Адекватность образа дана не изначально, она достигается благодаря тому, что при формировании образа восприятия происходит уподобление воспринимающих систем свойствам воздействующего объекта. "Это значит, что для возникновения отражения, одного только воздействия отражаемого объекта на живую систему, являющуюся субъектом отражения, еще недостаточно. Необходимо также, чтобы существовал "встречный" процесс — деятельность субъекта по отношению к отражаемой реальности. В этом активном процессе и происходит формирование отражения, его проверка и коррекция"[x)].

По своему месту в структуре деятельности процессы восприятия являются действиями. В самом деле, создание адекватного образа не представляет собой самостоятельного мотива, но в то же время оно является необходимым условием успешности всякой деятельности. Требования, предъявляемые к восприятию со стороны практической деятельности, называются перцептивными задачами. Воспринимать — это значит решать ту или иную перцептивную задачу, создавая адекватное отражение ситуации, поэтому восприятие представляет собой систему перцептивных действий. Каждое перцептивное действие может осуществляться с помощью различных операций.

Так например, зрительная оценка удаленности возможна за счет учета большого числа различных признаков расстояния до объекта (см. стр. 142 и др.). В зависимости от условий наблюдения используются те или другие

20

признаки, и, хотя конкретные перцептивные операции в каждом случае различны, результат — формирование представления об удаленности объекта — оказывается примерно одинаковым. То же самое можно сказать о восприятии формы, которое возможно как при помощи осязания, так и зрительно, или о слуховом восприятии направления, также осуществляемом посредством различных операций (см. стр. 189 и др.).

Основной особенностью перцептивного действия является его активный саморегулирующий характер. Активность восприятия состоит прежде всего в участии эффекторных компонентов в процессе восприятия, выступающих в форме движения рецепторных аппаратов и перемещений тела или его частей в пространстве.

Анализ функций движений руки, проведенный Б. Ф. Ломовым, и глаза, проведенный В. П. Зинченко, показал, что они делятся на два больших класса. В первый класс входят поисковые и установочные движения, с помощью которых осуществляется поиск заданного объекта, установка глаза или руки в наиболее удобную для восприятия позицию и изменение этой позиции. К этому же классу относятся движения головы на внезапно раздавшийся звук, следящие движения глаз и т. д. Еще И. П. Павлов отмечал важную роль этих движений в поведении, называя их "исследовательскими реакциями". Подобные движения не только создают наиболее благоприятные условия для восприятия объекта, но и участвуют в определении его пространственного положения.

Во второй класс входят собственно гностические движения. При их непосредственном участии происходит оценка размеров, опознаются уже знакомые объекты, наконец, осуществляется сам процесс построения образа. В движениях руки, ощупывающей предмет, в движениях глаза, прослеживающих видимый контур, в движениях гортани, воспроизводящих слышимый звук, происходит непрерывное сравнение образа с оригиналом. Всякое несоответствие их друг другу немедленно вызывает корректирование образа. Уподобляясь объекту, моторные звенья перцептивного действия обеспечивают создание адекватного образа. Следовательно, роль моторики в восприятии не ограничивается созданием наилучших условий для работы афферентных систем, а заключается в том, что движения сами участвуют в формировании субъективного

21

образа объективного предмета.

В частности, функция движений глаз не исчерпывается перемещением глаза на информативные участки зрительного поля. Доказательством этого служат результаты экспериментов, проведенных В. П. Зинченко и Н. Ю. Вергилесом (1967). В работе использовалась модифицированная методика стабилизации изображения относительно сетчатки А. Л. Ярбуса. Укрепленный на присоске объект освещался попеременно то синим, то красным, то зеленым светом. В результате, в каждый момент времени адаптировались элементы сетчатки, чувствительные лишь к одному из этих цветов (см. стр. 43 и др. и стр. 118 и др.), и изображение могло восприниматься неограниченно долго. Таким образом, появилась возможность изучить зрительное

восприятие, исключив смещение проекции окружения по сетчатке, обычно сопровождающее всякое движение глаз.

В условиях стабилизации испытуемым предлагались задачи, которые в обычных условиях могли решаться только при участии переместительных движений глаз — например, ознакомление с японскими иероглифами и поиск пути в сложном зрительном лабиринте. После опыта испытуемый должен был найти предъявлявшиеся иероглифы среди им подобных и рассказать, какой путь ведет из лабиринта.

Оказалось, что несмотря на кажущуюся нецелесообразность движений глаз при стабилизации изображений, они все же возникают. Явно выраженным движениям глаз во время этих опытов соответствовало отмеченное всеми испытуемыми впечатление того, что их глаза или внимание движутся по изображению. В результате испытуемым довольно легко удалось решить все предлагавшиеся задачи. Когда же испытуемых просили при решении задач держать глаза неподвижными, то не была решена ни одна задача.

Сопоставление движений глаз при свободном рассматривании и в условиях стабилизации показало, что они примерно одинаковы в том, что касается их числа и общего рисунка траекторий. Отличие заключается в меньшей амплитуде движений глаз при стабилизации, которая составляла — 3 ÷ 5°, и в большей длительности зрительных

22

фиксаций. При решении серии однотипных задач в обоих случаях происходят одинаковые изменения: сокращается число движений, упрощается их траектория и т. д. Таким образом, был получен целый ряд общих характеристик глазодвигательной активности в совершенно разных условиях. Движения глаз и при полной неподвижности изображения относительно сетчатки глаза оказываются совершенно необходимыми для решения зрительных задач.

Так как движения глаз при стабилизации как бы замещают движения глаз в условиях свободного рассматривания, они были названы викарными[x]. Если обычно движения глаз участвуют в получении информации непосредственно из внешнего окружения, то благодаря викарным движениям осуществляется анализ различных участков последовательного образа.

Характерно, что викарные движения наблюдаются после тахистоскопических предъявлений изображений, слишком коротких для каких-либо поисковых движений глаз. В этом случае викарные движения тоже обеспечивают анализ оставшегося от изображения следа — последовательного образа. Аналогичные движения глаз наблюдаются у спящих людей во время сновидений. Вполне возможно, что они и здесь выполняют ту же функцию анализа и трансформаций зрительных образов.

О том, что роль движений не ограничивается изменением зрительной стимуляции, говорят также исследования американского психолога Р. Хелда (1963). Известно, что если новорожденных животных держать в полной темноте в течение нескольких недель после рождения, то у них остаются грубые дефекты зрения, близкие к полной слепоте.

Р. Хелд решил выяснить причину этого. Согласно первой гипотезе нарушения зрения вызываются исключительно неупотреблением зрения — отсутствием каких-либо зрительных раздражителей. По второй гипотезе для развития

23

восприятия не хватает связи зрительной стимуляции с активными движениями животного. Чтобы проверить, какая из этих гипотез верна, Р. Хелд воспитывал двух котят в темноте, давая им возможность зрительно ориентироваться лишь в ситуации эксперимента, которая была довольно необычной. Котята помещались в гондолы, расположенные на противоположных концах специальной "карусели" — (рис. 4). Один из котят, лапки которого были свободны, активно вращал все сооружение, в то

время как второй котенок оставался пассивным. Котята перемещались внутри барабана, на внутренних стенках которого были нанесены вертикальные черные и белые полосы, поэтому характер и изменения зрительной стимуляции у обоих были совершенно одинаковыми.

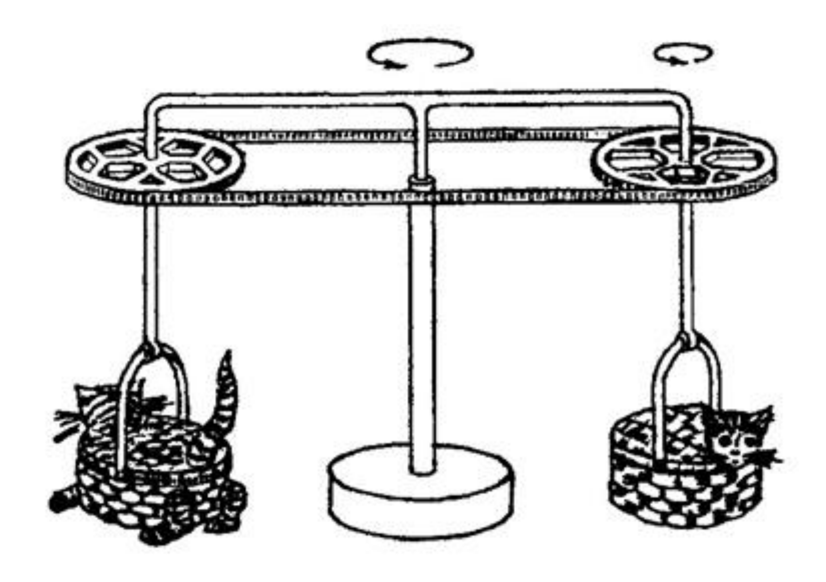


Рис. 4. "Карусель" Р. Хелда

Проведенные затем специальные пробы на зрительную ориентацию в пространстве показали, что зрительное восприятие сформировалось только у активного котенка, пассивный же остался по существу слепым. Следовательно, справедлива вторая гипотеза — одних только изменений зрительной стимуляции недостаточно для развития

24

восприятия, необходимо их сочетание с активными движениями животного.

Выводы о значении активных движений для развития восприятия подтвердились в опытах со взрослыми людьми. Р. Хелд воспользовался при их проведении специальными очками, вызывающими оптические искажения. Испытуемый, впервые надевающий такие очки, видит мир перевернутым вверх ногами или с переставленными левой и правой сторонами. Впервые опыты с искажающими очками поставил на себе в 1896 году английский психолог Дж. М. Стрэттон. В течение недели он постоянно носил очки, переворачивающие видимый мир сверху вниз и слева направо. В начале пространственная ориентировка была исключительно затруднена, но затем предметы постепенно "стали на свои места", и на седьмой день остались лишь малозаметные искажения восприятия.

Природу происходящих в опытах с искажающими очками перестроек и попытался выяснить Р. Хэлд. Для этого он надевал своим испытуемым очки, сдвигающие изображение влево на 20°, так, что, пытаясь в темной комнате попасть указкой в светящуюся точку, испытуемые промахивались как раз на это расстояние. Затем включалось освещение и испытуемым разрешалось ознакомиться с расположением комнат в лаборатории и их оборудованием, при этом одних испытуемых возили в кресле, а другие передвигались по помещению самостоятельно. Через определенный промежуток времени проба на точность попадания была повторена. Оказалось, что, как и в опытах с котятами, "активные" испытуемые научились правильно определять положение цели, а "пассивные" промахивались так же, как и в начале опыта.

Восприятие представляет собой систему перцептивных действий, овладение которыми требует специального обучения и достаточно долгой практики. Существенно, что как сами перцептивные действия, так и критерии адекватности образа не остаются неизменными, а проходят значительный путь развития вместе с развитием самой деятельности. Это значит, что важнейшей характеристикой восприятия является его историчность — обусловленность

25

конкретными условиями протекания деятельности и прошлым опытом субъекта.

Об этой свидетельствуют, в частности, факты о восприятии слепорожденных после удаления у них катаракты. Несмотря на восстановление оптического аппарата зрения, эти больные не способны к зрительному восприятию и даже различению предметов. Лишь по прошествии длительного времени, иногда насчитывающего многие месяцы, они начинают зрительно воспринимать внешний мир, но и тогда он, как правило, кажется тусклым и расплывчатым.

Наблюдения над ослепшим в десятимесячном возрасте человеком, которому зрение было возвращено в 52 года, провел английский психолог Р. Грегори. В течение длительного времени зрительное восприятие этого человека было ограничено тем, что он узнал ранее путем осязания. Он так и не научился читать с помощью зрения, однако узнавал зрительно заглавные буквы и цифры, которые его учили читать в школе для слепых. Рисунки этого человека также свидетельствуют о неспособности воспроизвести что-либо, о чем он раньше не знал через осязание. Например, даже через год после операции он не мог нарисовать переднюю часть автобуса, так как не имел возможности исследовать ее руками.

Активные движения вначале участвуют в выработке критериев адекватности практических действий и лишь затем познавательных. Именно практическая деятельность впервые ставит перед ребенком перцептивные задачи ориентировки в ситуации, отвлечение от одних и обращение внимания на другие ее аспекты. Уже простейший сенсомоторный акт схватывания предмета предполагает оценку его удаленности, скорости и направления движения, величины и формы. Постепенно это приводит к тому, что элементы перцептивной ориентировки, присутствующие в практическом действии, отделяются от него и превращаются в самостоятельные перцептивные действия, специально направленные на решение перцептивных задач. Следовательно, генетически перцептивные действия являются производными от практических действий.

26

Практическая деятельность ребенка осуществляется под руководством взрослого, в ходе постоянного, чаще всего речевого, общения между ними. Огромная роль социальных контактов для развития восприятия связана с тем, что взрослый организует внимание ребенка, помогая ему ориентироваться на существенные признаки ситуации. В ходе этих контактов ребенок постепенно усваивает общественно выработанные системы сенсорных качеств, называемых А. В. Запорожцем сенсорными эталонами. К ним относятся, например, общепризнанная звуковысотная шкала музыкальных звуков, "решетка фонем" родного языка и система геометрических форм. "В результате многовекового опыта производственной, научной и художественной деятельности человечество выделило из всего бесконечного многообразия воспринимаемой действительности эти системы "сенсорных" качеств окружающих вещей как наиболее важные, существенные для достижения своих практических и познавательных целей, и определенным образом их словесно обозначило. Отдельный индивид на протяжении детства усваивает подобного рода системы и научается ими пользоваться как системами чувственных мерок или эталонов для анализа окружающего и для систематизации своего сенсорного опыта"[x)].

Если сенсорные эталоны представляют собой результат общественно-исторической деятельности человечества по выделению и созданию систем сенсорных качеств, необходимых для ориентировки в окружающем мире, то результат индивидуальной деятельности человека по усвоению сенсорных эталонов называется оперативными

единицами восприятия. Конкретно, оперативные единицы восприятия выступают как содержание, выделяемое субъектом при выполнении той или иной перцептивной задачи. Развитие восприятия связано со сменой оперативных единиц восприятия. Как показывают исследования, эта смена выражается в

27

преобразовании групп случайных, частных признаков в структурные, целостные признаки. В результате того, что оперативными единицами восприятия становятся образы предметов и даже перцептивные модели целых ситуаций, возникает возможность практически одномоментного (симультанного) восприятия, независимо от числа содержащихся в предмете или ситуации признаков.

Параллельно происходит изменение самих перцептивных действий. В своей развернутой внешней форме они выступают на ранних ступенях онтогенеза, где наиболее отчетливо выделяются их структура и роль в формировании образов восприятия. В дальнейшем они претерпевают ряд последовательных изменений и сокращений, пока не облекаются в форму мгновенного акта "усмотрения" предмета в целом, который был описан представителями гештальтпсихологии и ошибочно принимался ими за генетически первичную форму восприятия.

Разумеется, задача формирования образа может возникнуть и вне детского возраста. Всякий раз, когда субъект сталкивается с новой для него действительностью, или когда сформированный ранее образ оказывается неадекватным, процесс восприятия вновь превращается из симультанного в сукцессивный и совершается с помощью развернутых перцептивных действий.

Процесс смены оперативных единиц восприятия можно проследить на примере обучения чтению. Сначала обучающийся действует с каждой буквой отдельно, выделяя в ней характерные очертания, отличающие ее от других букв. После усвоения всего алфавита единицами восприятия становятся слоги, слова и фразы. Наконец, опытные чтецы способны схватить смысл целого абзаца относительно несложного текста, проделав всего несколько фиксаций. На этом этапе внешнедвигательные звенья перцептивных действий максимально редуцированы, и восприятие выступает как процесс мгновенного понимания смысла. Аналогичные изменения наблюдаются и при зрительном восприятии формы. Любой человек, знакомый с изображением Нефертити, способен узнать его, сделав значительно меньше движений глаз, чем наблюдатель, разглядывающий его в течение длительного времени (см.

28

рис. 1).

Генетическое исследование изменения оперативных единиц восприятия на материале зрительного и осязательного восприятия формы было проведено В. П. Зинченко, совместно с Л. Г. Рузской. В экспериментах применялась кинорегистрация движений глаз и ощупывающих движений рук. Затем траектории движений накладывались на предъявленный тест-объект. Задача испытуемого состояла в том, чтобы познакомиться с неизвестной ему фигурой или опознать уже известную. Естественно, что при такой задаче наиболее информативным признаком фигуры должен стать ее контур. Ясно также, что другие задачи могут требовать от испытуемого выделения совсем иных признаков — величины, цвета, фактуры, веса и т. п.

Анализ траекторий движений руки и глаза показал, что процесс формирования образа объекта включает следующие операции: обнаружение объекта, выделение в нем адекватного задаче информативного содержания и ознакомление с выделенным содержанием. В зависимости от возраста испытуемых перцептивное действие в целом характеризуется разной степенью развернутости. Например, у детей в возрасте 3-х лет по отношению к данной задаче еще отсутствует операция выделения

информативного содержания, что выражается в отсутствии особого внимания на контур фигуры (рис. 5, а). Это приводит к некачественному ознакомлению и к ошибкам узнавания. Напротив, дети 6 лет подробно исследуют контур фигуры (рис. 5, б), в результате чего отражение формы становится адекватным поставленной задаче и показатели опознания резко улучшаются. Взрослые испытуемые ограничиваются беглым осмотром фигуры, пересекая ее двумя-тремя движениями (рис. 5, в). Вся конфигурация для взрослого настолько проста, что он мгновенно относит ее к определенному классу, иными словами, восприятие здесь практически сливается с опознанием.



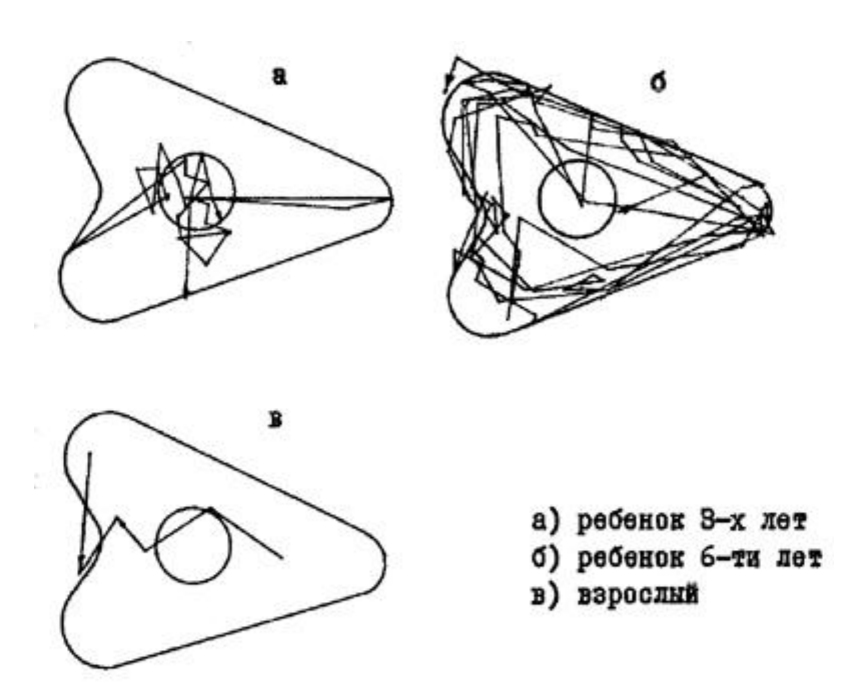


Рис. 5. Траектории движений глаз испытуемых при рассматривании тест-объектов (по В. П. Зинченко, 1962).

В развитых процессах восприятия имеются специальные опознавательные действия. С их помощью производится выделение информационного содержания, по которому субъект может сличить предъявленный объект с уже сформированными оперативными единицами восприятия, опознать его, и, наконец, отнести к тому или другому классу объектов, т. е. категоризовать его. Опознание требует значительно меньше времени, чем формирование образа. Для сличения и опознания достаточно выделить в объекте лишь отдельные характерные признаки.

Таким образом, развитие восприятия приводит к созданию целого алфавита оперативных единиц восприятия, т. е. определенной совокупности образов или перцептивных моделей окружения. Если на фазе построения образа объекта происходит уподобление воспринимающих систем свойствам воздействия, то на фазе опознания или действия на основе сложившихся оперативных единиц восприятия, характеристики и направленность процесса

30

существенно изменяются. Эти изменения, по А. В. Запорожцу, заключаются в том, что субъект уже не только воссоздает с помощью перцептивных действий образ объекта, но и перекодирует, переводит получаемую информацию на язык оперативных единиц восприятия или перцептивных моделей уже усвоенных. Иными словами, одновременно с уподоблением воспринимающих систем объекту происходит уподобление объекта субъекту, и только это

двустороннее преобразование приводит к формированию полноценного, адекватного и вместе с тем субъективного образа объективной реальности.

Формирование оперативных единиц восприятия применительно к конкретным условиям действительности позволяет объяснить искажения восприятия в тех случаях, когда эти условия внезапно изменяются. Наиболее разительные случаи несоответствия между ситуацией и тем, как она воспринимается, называются иллюзиями. Например, в уже упоминавшихся опытах с искажающими очками, иллюзии возникали не только сразу после того, как они надевались, но и после снятия очков. В последнем случае иллюзии вызывались тем, что сложившиеся во время ношения искажающих линз оперативные единицы восприятия обеспечивают адекватное восприятие только в условиях определенных оптических искажений. Для того, чтобы после таких опытов вновь видеть мир без искажений, необходимо перцептивное обучение в нормальных условиях. Иллюзии восприятия, возникающие после снятия очков, вызывающих комплексные оптические искажения, хорошо описаны австрийским психологом И. Колером: "Видимый мир превращается в хаотическое смешение непрерывно меняющихся расстояний, направлений, движений и форм. Невозможно указать, где горизонтальное, а где вертикальное направление. Ни один объект не сохраняет свою величину или состояние движения — в каждый момент он может внезапно увеличиться, или деформироваться, остановиться или вдруг начать двигаться с еще большей скоростью. Эти противоречащие друг другу и моему прошлому опыту восприятия всякий раз возникают в связи с каким-либо моим движением. Они снова и снова приковывают к себе

31

внимание и надолго оставляют чувство головокружения и подавленности"[x)].

Третьей важнейшей характеристикой восприятия, наряду с активностью и историчностью, является его предметность. Под предметностью восприятия понимают отнесенность всех получаемых с помощью органов чувств сведений о внешнем мире к самим предметам, а, например, не к раздражаемым рецепторным поверхностям, или участкам мозга, обрабатывающим сенсорную информацию. Формирование предметности восприятия в онтогенезе связано с первыми практическими действиями ребенка, которые имеют предметный характер, направлены на внешние объекты и приспособлены к их особенностям, местоположению и форме. В дальнейшем, когда восприятие выделяется в относительно самостоятельную систему перцептивных действий, практическая деятельность ставит перед восприятием те или иные перцептивные задачи и неизбежно требует адекватного, а, следовательно, предметного отражения действительности.

Так как перцептивные действия направлены на предметное отражение ситуации, значение предметного окружения оказывается решающим для нормальной работы восприятия. Это обстоятельство с большой убедительностью выступило в недавних исследованиях психических процессов в условиях сенсорной изоляции, связанных с проблемами космической биологии и медицины. Крайним вариантом такой изоляции было погружение человека в ванну с физиологическим раствором при температуре комфорта. При этом испытуемый слышал лишь монотонные ритмические звуки и видел диффузный белый свет, а покрытия на его руках препятствовали получению осязательных ощущений. Обычно уже через несколько часов испытуемые приходили в тревожное состояние и настойчиво просили прекратить эксперимент. Они отмечали появление галлюцинаций, а также нарушение восприятия времени. После опыта у испытуемых наблюдались дезориентация в пространстве, нарушения восприятия движения, формы, цвета и т. п.

32

Аналогичные результаты были получены, когда испытуемые просто длительное время смотрели на телевизионный экран, содержащий лишь постоянно меняющийся беспорядочный узор пятен.

Предметность восприятия выступает в форме целостности, константности и осмысленности перцептивного образа.

Восприятие целостно, поскольку оно отражает не изолированные качества раздражителей, а отношения между ними. Поиски изолированных ощущений, предпринятые структуралистской школой восприятия (см. стр. 11), оказались безуспешными именно из-за этого свойства восприятия: мы живем в мире вещей, их отношений друг с другом, в мире целых ситуаций. Как уже отмечалось, на целостность восприятия впервые обратили внимание представители гештальтпсихологии, им же принадлежит заслуга установления большинства фактов, доказывающих важность этого свойства восприятия. Целостность перцептивного образа представляет собой элементарную форму предметности, она обнаруживается уже у животных.

Восприятие отношений животными было доказано в известных исследованиях В. Кёлера, проведенных на курах. В этих опытах курам предъявлялись две кормушки: темно-серого и светло-серого цвета. При этом зерна, лежащие на темно-серой кормушке были приклеены к ней, в результате чего курица не могла отделить их. На светло-серой кормушке зерна лежали свободно. Таким образом, куры приучались клевать зерна только со светло-серой кормушки (см. рис. 6). Когда этот навык был закреплен, проводился контрольный опыт. Курам вновь предъявлялись две кормушки, из которых одна была прежнего светло-серого цвета, а другая — почти белая. Если бы куры реагировали на абсолютный цвет, они бы направлялись к светло-серой кормушке. Однако куры всегда шли к белой кормушке, тем самым реагируя на отношение между цветами. То же самое наблюдалось и во втором контрольном опыте, когда прежняя темно-серая кормушка предъявлялась вместе с новой, черной кормушкой. В этом случае также менялся знак выработанной условной реакции: темно-серая кормушка приобретала положительное значение и куры всегда

33

направлялись к ней, как к более светлой из пары.

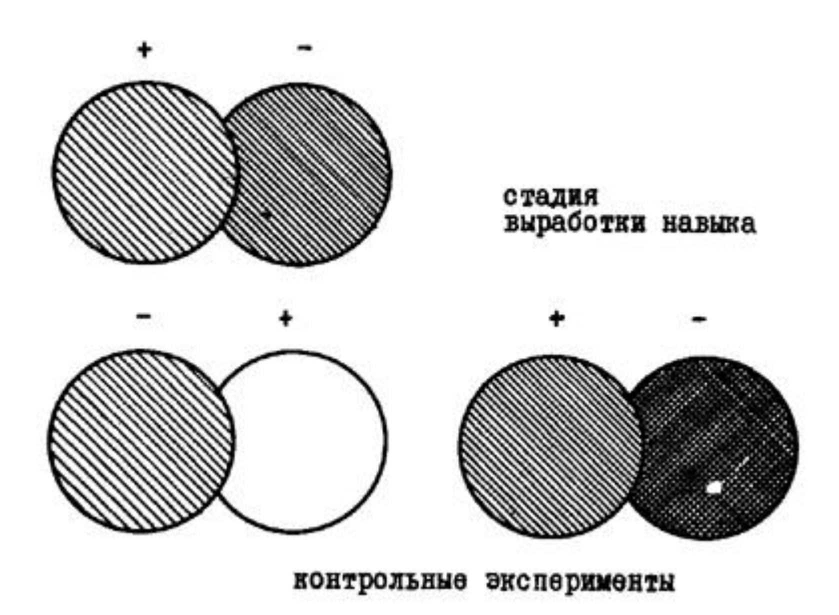


Рис. 6. Схема опытов В. Кёлера.
"+" — кормушка, с которой куры клевали зерна.
"—" — кормушка, с которой куры не клевали зерна.

Перцептивные операции, лежащие в основе восприятия отношений, позволяют отражать наиболее общие особенности организации внешнего мира. Благодаря целостности мы воспринимаем определенным образом организованное окружение, а не хаотическое

скопление цветовых пятен, отдельных звуков и прикосновений. Например, вычленяя сложные отношения между звуками, наш слух позволяет с легкостью узнать мелодию, сыгранную в различных тональностях, хотя отдельные звуки при этом могут оказаться совершенно различными. Так как в окружающем мире замкнутые, симметричные контуры обычно ограничивают предметы, участок поверхности, ограниченный такими контурами, воспринимается как фигура, имеющая характер вещи. В результате мы, по словам К. Коффки, "видим вещи, а не промежутки между ними". В то же время неаналитический характер операций, регистрирующих отношения между физическими параметрами объектов, иногда может приводить к иллюзиям восприятия.

34

Так, например, если предъявлять субъекту два одинаковых по размеру круга, окружив один из них маленькими, а другой — большими кружками, то первый кружок будет казаться больше, чем второй (рис. 7). Эта иллюзия возникает потому, что оценка величины зависит не от абсолютных, а от относительных размеров объекта.

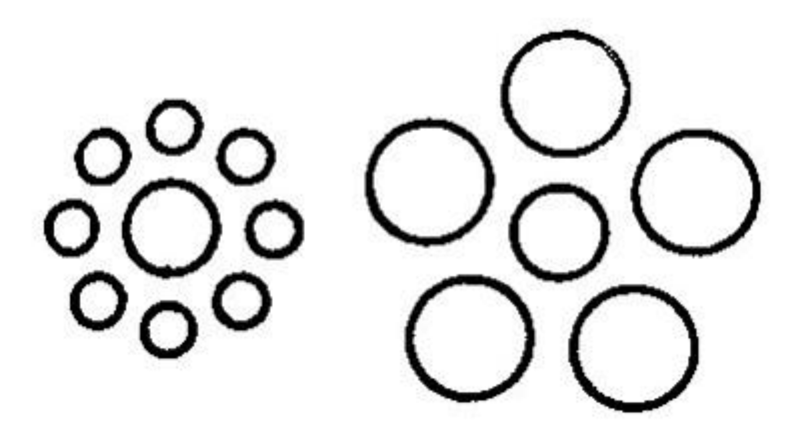


Рис. 7. Контрастная иллюзия.

Немецкий психолог И. Фолькельт показал, что данная иллюзия наблюдается уже у детей раннего возраста. В его экспериментах детям 1,5—2 лет давали на выбор две одинаковые шоколадки, но одну в окружении маленьких, а другую в окружении больших по размеру бумажек. Почти все дети тянулись за первой шоколадкой, очевидно потому, что она казалась им больше.

С целостностью восприятия тесно связана его <u>константность</u>, под которой понимается относительная независимость воспринимаемых характеристик объекта от их отображений на рецепторные поверхности. Условия, в которых происходит восприятие, черезвычайно многообразны. Например, бесконечно велико число возможных градаций освещенности, положения и ориентации предмета в пространстве. Вследствие этого объекты непрерывно меняют свой облик, поворачиваются к наблюдателю различными сторонами. Определенная доля этих изменений вызвана собственными движениями наблюдателя. Во всех этих случаях рецепторные процессы оказываются весьма различными. Однако благодаря константности предметы воспринимаются как относительно постоянные по форме, цвету, величине и положению.

35

Существует значительное число различных видов константности. Она имеет место практически для любого воспринимаемого свойства предмета. Наиболее фундаментальный вид константности — стабильность окружающего нас мира. Хотя всякое наше движение приводит к относительному движению воспринимаемого предметного фона, мы воспринимаем предметы неподвижными, а себя и свои глаза — движущимися. Точно также

воспринимаемая величина предмета и его скорость сохраняются относительно постоянными независимо от удаленности предмета. Это случаи константности видимой величины и скорости. Другим примером константности может служить относительное постоянство воспринимаемого веса предмета. Независимо от того, поднимается ли груз одной или двумя руками, ногой или всем телом — оценка его веса оказывается приблизительно одинаковой.

Связь константности с целостностью восприятия доказывается опытами, в которых объекты предъявлялись на фоне, лишенном каких-либо ориентиров. В этом случае резко затруднялась оценка величины предметов, размеры которых не были известны из прошлого опыта. Нарушалась и их феноменальная стабильность — каждое движение наблюдателя приводило к восприятию движения объекта в противоположную сторону. Более того, иллюзорное движение наблюдалось даже в том случае, когда наблюдатель и объект были неподвижны (см. стр. 162 и др.).

Константность восприятия имеет прежде всего огромное биологическое значение. Адаптация и выживание были бы невозможны в окружающей среде, если бы восприятие не отражало ее стабильных, постоянных свойств и отношений. Не удивительно, что константность обнаруживается уже у животных. Особое значение имеет константность для регуляции практической деятельности человека, поэтому на этом этапе она получает особое развитие.

Источниками константности служат активные перцептивные действия. С помощью отдельных перцептивных операций из изменчивого потока стимуляций выделяется относительно инвариантная структура свойств предмета. Формирующиеся в самых разнообразных условиях оперативные единицы восприятия позволяют активно учитывать изменения проекционных свойств предмета и компенсировать их. В меру этого учета отражение предмета сохраняется

36

неизменным, как относительно движений объекта, так и относительно движений наблюдателя. Следовательно, изменения проекционных свойств предмета могут быть даже необходимы для сохранения константности.

Эта трактовка константности нашла свое подтверждение в исследованиях зрения в условиях стабилизации изображения относительно сетчатки. Если зрительное восприятие в обычных условиях отличается высокой константностью, то при стабилизации, когда проекционные свойства объекта не изменяются, наблюдаются грубые нарушения константности. Прежде всего в условиях стабилизации затруднена оценка размеров объекта и восприятие глубины. Так, испытуемые не различают плоские и объемные объекты. Реальная усеченная пирамида и ее изображение воспринимаются одинаково — то как плоские, то как объемные. Несколько вписанных друг в друга концентрических окружностей воспринимаются подобными детской пирамиде, причем фигура кажется повернутой к наблюдателю то своим основанием, то своей вершиной. Наблюдатель испытывает трудности при дифференциации прямого и последовательного образа, фигуры и фона, неподвижного и движущегося объекта.

Результаты этого исследования свидетельствуют о ярко выраженной манипулятивной способности восприятия. Одной из важнейших задач, решаемых этим перцептивным механизмом, является встречное изменение оперативных единиц восприятия, компенсирующее изменение стимуляции от объективно стабильного предмета. Роль перцептивных действий заключается в том, что с их помощью происходит сопоставление предмета с оперативными единицами восприятия, приводящее к созданию константного предметного образа. Способность манипулировать образом позволяет воспринимать стабильными и константными предметы, поворачивающиеся к нам разными сторонами.

Высшей формой предметного восприятия является осмысленное восприятие. Благодаря осмысленности наше восприятие перестает быть биологическим процессом, каким оно было у животных. Усваивая в процессе развития общественно-исторический опыт, человек отражает также значения предметов, выработанные

37

в практической деятельности предшествующих поколений. Поэтому вместе с восприятием предмета происходит осознание его функций, благодаря чему восприятие становится обобщенным и категоризованным.

Предметное осмысленное восприятие дает возможность познать действительность глубже, чем это возможно с помощью отражения отношений между объектами, воздействующими на органы чувств. Если животное, восприятие которого целостно и константно, не способно выйти за рамки непосредственно данных в оптическом поле раздражителей, то человек, устанавливая значение тех или иных аспектов ситуации, свободно ориентируется в ней. Поэтому на стадии осмысленного восприятия достигается высшая ступень объективации перцептивного образа.

Большую роль в становлении осмысленности восприятия играет речь, с помощью которой происходит обобщение и категоризация получаемой органами чувств информации. Словесное обобщение позволяет привлечь к анализу значения предмета всю систему сложных смысловых связей, отложившихся в языке и выделить те стороны воспринимаемого предмета, которые оставались бы недостаточно воспринятыми.

Примером могут служить опыты А. А. Люблинской, в которых у ребенка дошкольного возраста вырабатывалась дифференцировка на тонкие, малозаметные зрительные признаки. Выработка такой дифференцировки протекала очень медленно и с большим трудом. Однако стоило лишь назвать нужные зрительные признаки определенным словом, как выделение их оказалось доступным.

Другим доказательством той роли, которую играет речь в организации чувственного восприятия, в частности, восприятия цвета, является тот факт, что у больных с нарушением речи (афазией), как это отмечали немецкие исследователи А. Гельб и К. Гольдштейн (1924), заметно нарушалась константность восприятия цветов, и чайная роза, окруженная зелеными листьями, которая при обычных условиях воспринималась как светло-желтая, приобретала зеленоватый оттенок, что никогда не имело места у испытуемых с сохранной речью.

38

Осознаваемое значение предмета не остается внешним по отношению к процессу восприятия фактором. Оно составляет один из важнейших его компонентов, определяя характеристики перцептивных действий и формируя оперативные единицы восприятия. Восприятие человека, таким образом, неразрывно связано с мышлением, оно выступает как активный поиск наиболее осмысленной интерпретации данных.

Очень ярко роль осмысленности выступает при восприятии такого сложного материала как иноязычная речь. Вначале, когда еще не сформированы оперативные единицы восприятия, она кажется бесформенным потоком звуков. Только по мере знакомства с языком мы начинаем выделять из сказанного отдельные слова, ориентируясь при этом, в значительной степени на общий смысловой контекст разговора.

Важность смысла воспринимаемой ситуации для построения адекватного образа вытекает также из недавних опытов с искажающими очками. На промежуточных этапах формирования новых оперативных единиц восприятия предметы все чаще и чаще воспринимаются не в соответствии с характером искажения, а в соответствии с их смыслом. Так, например, после нескольких дней ношения очков, поворачивающих зрительное поле на 180° вокруг оси зрения, испытуемый начинал видеть свечку правильно, как только ее зажигали. Точно также, для восприятия ситуации в правильной ориентации иногда было достаточно увидеть падающий снег (Н. Бишоф, 1966).

Большой интерес представляют новые данные, согласно которым приспособление к искажениям возникало и в том случае, когда испытуемый, перевозимый по помещению в кресле, словесно указывал направление, в котором

его должны были везти. Очевидно, в этой ситуации корректировка оперативных единиц восприятия происходит при помощи викарных перцептивных действий, являющихся производными от внешних развернутых перцептивных действий.

Роль значения предмета для его адекватного восприятия подтвердилась и в опытах советского психолога

39

Б. Н. Компанейского. В этих экспериментах использовался псевдоскоп — устройство, с помощью которого вызывается обращение видимой глубины зрительного поля, в результате чего вогнутые поверхности кажутся выпуклыми, а выпуклые, напротив, — вогнутыми (см. стр. 146 и др.). Оказалось, что псевдоскопический эффект обращения рельефа и глубины наблюдается только на малознакомых объектах и не распространяется, например, на человечное лицо. Когда же испытуемому предъявлялась маска лица, то иллюзия возникала, и он видел вогнутую поверхность (см. также В. В. Столин, 1972).

Таким образом, согласно современным психологическим данным, восприятие представляет собой систему перцептивных действий, развивающихся вместе с деятельностью индивида и неразрывно с нею связанных. Задачи, разрешаемые перцептивными действиями, заключаются в адекватном отражении окружающей предметной действительности.

40

II. КЛАССИФИКАЦИЯ ПЕРЦЕПТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ

1. Сенсорные процессы

Описанные выше процессы сложного предметного восприятия основываются на относительно элементарных сенсорных процессах, протекающих в наших органах чувств и непосредственно связанных с ними отделах коры, иначе говоря, в той системе физиологических аппаратов, которые со времени работ И. П. Павлова принято называть анализаторами.

Наши органы чувств, сформировавшись в процессе длительной эволюции, приобрели специализированное строение, и каждый из них оказался приспособленным для рецепции различных видов движения материи. В таблице 1 дана общая характеристика этой специализации. Приведенная таблица показывает, что с количественным изменением параметров воздействий (по длине волны или числу колебаний в секунду) они начинают регистрироваться различными органами чувств и воспринимаются нами как отдельные виды ощущений.

Характерным является тот факт, что в приведенной выше таблице есть перерывы. Это имеет определенное биологическое значение. Так, если бы раздражители с длиной волны до 0,1 мм и частотой 30.10^{12} колебаний в секунду или раздражители с длиной волны от 0,004 до 0,00001 мм и частотой от 8.10^{14} до 5.10^{15} колебаний в секунду вызывали возбуждение органов чувств, — теплота его тела и протекающие в организме электрические процессы воспринимались бы человеком как шумы или световые воздействия, что, естественно, мешало бы организованному протеканию его психической деятельности.

Известно несколько классификаций сенсорных процессов.

Еще древним были известны пять чувств, или модальностей, в которых мы воспринимаем внешний мир. Долгое время зрительные, слуховые, осязательные, обонятельные и вкусовые ощущения представлялись элементарными "кирпичиками", из

которых с помощью ассоциаций строится вся психическая жизнь человека. В XIX веке список основных ощущений стал быстро расширяться.
41

Таблица 1

Отражение различных форм движения материи органами чувств

Физические процессы	Длина волны в мм	Частота колебаний в 1 сек	Воспринимающий орган	Качество ощущения
Механические воздействия	—	До 1,5 тыс	Кожа	Осязание
Звуковые волны	Выше 12	Ниже 30	—	—
	12—3	30—30.000	Внутреннее ухо	Слух
	Ниже 12	30—30.000	—	—
Электрические волны	До 0,1	30.10^{12}	—	—
	0,1—0,004	8^{14}	Кожа	Тепло
Световые волны	0,008—0,004	4.10^{14}—8.10^{14}	Сетчатка глаза	Свет, цвет
	0,004—0,00001	8.10^{14}—5.10^{15}	—	—
Рентгеновские волны	0,0000008—0,0000005	4.10^{7}—6.10^{10}	—	—

42
К нему были добавлены ощущения положения и движения тела в пространстве. Была открыта и изучена вестибулярная чувствительность, орган которой оказался частью внутреннего уха. Из осязательной чувствительности были выделены ощущения боли и температуры. Параллельно с расширением списка ощущений углублялись знания о нейрофизиологических процессах, лежащих в основе восприятия. Вследствие этого появились и другие основания для классификации.

Известно, что каждый анализатор состоит из трех частей: расположенных на периферии рецепторов, проводящих путей и корковых проекционных зон. В зависимости от вида чувствительности различают зрительный, слуховой, обонятельный и другие виды анализаторов.

Большое значение для классификации сенсорных процессов имеет выделение различных видов рецепторов. Классификация рецепторов в зависимости от энергии адекватных раздражителей, предложенная В. Вундтом (1898), связана с разделением рецепторов на три большие группы, специализированные для приема механической, химической или световой энергии.

Механическая энергия деформации, растяжения, сжатия или сдвига тканей улавливается механорецепторами. Они рассеяны по поверхности тела и внутри него: в коже, мускулах, сухожилиях, стенках сосудов и т. д. Известно много разновидностей механорецепторов. Высокоспециализированные механорецепторы — волосковые клетки — обнаружены во внутреннем ухе. Одни волосковые клетки приспособлены для регистрации ускоренных движений тела и направления силы тяжести, другие — для регистрации колебаний воздуха (рис. 98).

Возможно, наиболее древней группой рецепторов являются хеморецепторы. Чувствительность к химическим веществам имеется, впрочем, уже у одноклеточных организмов, т. е. до появления хеморецепторов. Высокой чувствительностью характеризуется хеморецепция насекомых, некоторые виды которых способны находить самку по запаху на расстоянии двух километров. Хеморецепторы рыб расположены в коже. У наземных животных

они концентрируются в носовой и ротовой полостях. Особые виды хеморецепторов обнаружены также во внутренних органах.

Рецепция световой энергии осуществляется при помощи фоторецепторов. Чувствительность к световым раздражителям прогрессивно

43

развивается в филогенезе. Ее эволюция связана с изменением органа зрения — глаза, развивающегося от простой светочувствительной пластины у кишечнополостных до сложного фасеточного глаза насекомых и камерного глаза позвоночных. Последний содержит всего два вида фоторецепторов — палочки и колбочки, но каждый из них чрезвычайно сложен по строению.

Специфическая чувствительность к определенному виду воздействий может быть прослежена не только на уровне периферических звеньев анализаторов. Как показали исследования, начатые американскими физиологами Д. Х. Хьюбелом и Т. Н. Визелом, некоторые нейроны мозговой коры могут реагировать только на раздражения определенной модальности (световые, звуковые, механические), причем иногда, как мы увидим ниже, на очень частные аспекты раздражения (см. стр. 99 и 160). Другие нейроны, наоборот, реагируют на несколько модальностей раздражения сразу (например, на вибрацию и свет), поэтому они называются "мультимодальными".

Несмотря на различия в строении и выполняемых функциях, рецепторы всех трех групп обладают рядом общих свойств. Во-первых, все они преобразуют энергию раздражителя в потенциалы действия, распространяющиеся по сенсорным нервам в центральные отделы нервной системы. Эти ритмические разряды, содержащие информацию о параметрах раздражения, называют также сенсорным кодом. Во-вторых, рецепторы реагируют, главным образом, на изменение раздражителя. Поэтому максимальная частота рецепторных потенциалов действия наблюдается сразу после появления или исчезновения раздражителя. Уменьшение активности рецептора при продолжительном действии неизменного раздражителя называется адаптацией рецептора[x)] (рис. 8). Скорость адаптации рецепторов разных видов различна. Наконец, все рецепторы в большей или меньшей степени подвержены контролю со стороны центральных отделов мозга. Этот контроль может осуществляться как во внешней, так и во внутренней форме. В первом случае речь идет об ориентировочных и оборонительных движениях организма, меняющих

44

физические характеристики раздражителя. Во втором — о физиологических эфферентных влияниях на рецепторы. Таким образом, рефлекторная регуляция работы рецепторов является их третьим общим свойством.



Рис. 8. Адаптация зрительного рецептора.
Световой раздражитель действует непрерывно с постоянной силой. Повторяющиеся разряды следуют с большей частотой в начале раздражения; постепенно эта частота снижается до определенного адаптационного уровня. Отметка времени — 0,2 сек.

Кроме классификации по виду энергии адекватного раздражителя возможно разделение сенсорных процессов в зависимости от их положения в организме и от выполняемой ими функции. Подобная классификация была предложена в 1906 году английским физиологом Ч. Шеррингтоном. Он выделил три класса чувствительности: интероцепцию, экстероцепцию и проприоцепцию.

Экстероцепцией называется чувствительность к воздействиям внешних раздражителей. Она включает зрение, слух, осязание, обоняние и вкус, т. е. пять традиционных модальностей ощущений. Экстероцепция играет ведущую роль в выполнении ориентирующей и регулирующей функции восприятия. По характеру воздействия объекта на рецептор выделяются два подкласса экстероцепторов.

Одни из них участвуют в отражении качеств объектов, непосредственно воздействующих на рецепторные поверхности. Эти экстероцепторы называются контактными. Так, почувствовать вкус пищи можно только тогда, когда она попадает на язык. Не бывает и осязания на расстоянии. То же самое справедливо и по отношению к обонянию. Хотя с помощью обоняния человек и животные могут ориентироваться относительно удаленных (дистальных) объектов, это оказывается возможным только потому, что молекулы вещества объекта непосредственно воздействуют на обонятельные хеморецепторы.

45

Совершенно иначе обстоит дело с так называемой дистантной экстероцепцией — зрением и слухом. Мы можем воспринимать огонь костра, находясь за километр от него, и услышать звук колокола, который раздается с очень большого расстояния. В этих случаях нет прямого контакта рецепторов с объектом, хотя раздражение, в виде отраженных объектом лучей света или вызванных им колебаний воздуха, разумеется, имеет место. Важно то, что природа контактного (проксимального) раздражителя никак не связана с природой дистального предмета.

> Между этими подклассами экстероцепции существуют качественные различия. Контактные рецепторы появились в филогенезе раньше дистантных. Как правило, они участвуют лишь в отражении отдельных качеств воздействующих объектов. Поэтому для характеристики контактной чувствительности лучше подходит термин ощущение. Дистантная чувствительность — более новое образование в филогенезе. Ее появление сделало возможным ориентацию организма в окружающем пространстве и его целенаправленные передвижения как целого. По мнению некоторых авторов, кора головного мозга представляет собой образование, надстроенное над дистантными рецепторами.

От экстероцепции отличается проприоцепция — чувствительность к положению и движению всего тела или его частей в пространстве. Подкласс проприоцепции, представляющий собой чувствительность к движению, называется также кинестезией. Выделяя этот второй крупный класс сенсорных процессов, Ч. Шеррингтон относил к проприоцепторам механорецепторы, расположенные в мышцах, суставах и сухожилиях, а также вестибулярные рецепторы, реагирующие на статическую силу гравитации и ускоренные движения головы. Проприоцептивные ощущения труднее, чем экстероцептивные, доступны самонаблюдению. Субъективный образ взаимного положения частей тела, возникающий на основе проприоцепции, называется схемой тела (см. главу VI, раздел 4).

Несмотря на многочисленные описания схемы тела, роль проприоцепции долгое время была не вполне ясной, так как считалось, что для управления движениями тела достаточно эфферентных команд из двигательной коры мозга. Для понимания значения проприоцепции многое дали работы советского физиолога Н. А. Бернштейна. Проанализировав особенности строения двигательного аппарата

46

позвоночных, он доказал, что одних эфферентных команд принципиально недостаточно, чтобы выполнить то или иное движение. Одинаковые эфферентные сигналы приведут к совершенно различным движениям в зависимости от положения, состояния движения и

вязкости суставно-мышечных звеньев. Поэтому центральные команды должны подаваться только с учетом конкретного состояния периферического двигательного аппарата. Эту информацию и несет проприоцепция. Значение проприоцепции особенно возрастает в естественных условиях, где рисунок движения постоянно сбивается непредсказуемыми воздействиями со стороны внешней среды.

Принцип управления двигательным актом на основе сравнения поступающей в мозг проприоцепции с программой движения, был назван Н. А. Бернштейном принципом сенсорных коррекций, а вытекающая из него кольцевая структура взаимодействий эфферентного и сенсорного процессов — рефлекторным кольцом (рис. 9).

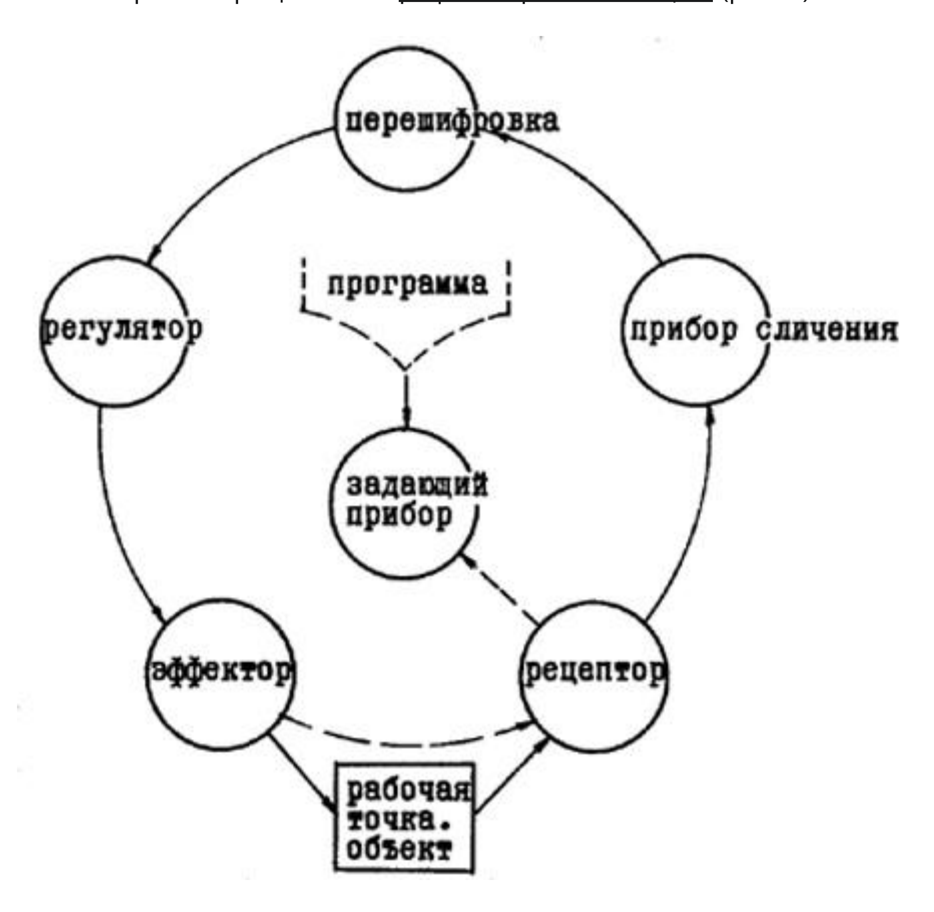


Рис. 9. Схема рефлекторного кольца
(по Н. А. Бернштейну, 1966).

47

Иллюстрацией той роли, которую проприоцептивные сигналы играют в регуляции движений, служат опыты с деафферентацией соответствующей конечности, иначе говоря, те случаи, при которых конечность лишается постоянного притока афферентных (кинестетических) импульсов. Такие случаи имеют место при перерезке или повреждении чувствительных нервов, при нарушении периферического кровообращения (как это бывает, например, когда человек "отсидел" ногу), и, наконец, — в случаях повреждения чувствительных (постцентральных) отделов коры.

Во всех этих случаях нарушение проприоцептивной чувствительности приводит к тому, что двигательные импульсы начинают затекать в любые мышечные группы, управляемость движениями исчезает и у человека возникает "афферентная" или "кинестетическая" апраксия, проявляющаяся в распаде и некоординированности движений.

Третьим классом сенсорных процессов является интероцепция, под которой понимают чувствительность к обменным процессам, происходящим во внутренней среде организма. В

число интероцепторов входят механо- и хеморецепторы. Они встречаются во всех внутренних органах и реагируют на самые разнообразные органические процессы: изменение химического состава и давления крови, температуры тканей, наполнения желудка и т. д.

Можно лишь с большими оговорками говорить о том, что раздражение интероцепторов приводит к возникновению ощущений. Большая часть функционирования интероцепции протекает вне сознания. В этом отношении она резко отличается даже от проприоцепции. Если интероцептивные или, как чаще говорят, органические ощущения возникают, то они лишь очень диффузно отражают общее состояние организма, создавая эмоционально-окрашенное впечатление комфорта или дискомфорта, напряжения или разрядки, беспокойства или успокоения. Поэтому И. М. Сеченов называл их "темными чувствами".

В полной мере функция интероцепции стала понятной только в 30-е годы нашего столетия, когда американским физиологом В. Кенноном было введено понятие гомеостазиса, означающее состояние постоянства внутренней среды организма. Гомеостазис является необходимым условием жизни. Сохранение гомеостазиса,

48

рефлекторные регуляции поведения по удовлетворению элементарных биологических потребностей и составляют функцию интероцепции. Например, снижение содержания кислорода или повышение содержания углекислого газа, раздражая хеморецепторы, расположенные в альвеолах легких, вызывает рефлекторные движения дыхательного аппарата. В результате резко увеличивается количество воздуха, прогоняемого через легкие, и нарушенное равновесие восстанавливается. Аналогичный процесс саморегуляции возникает и при других нарушениях гомеостазиса.

Центральное управление процессами гомеостатической регуляции осуществляется структурами гипоталамуса и древней (лимбической) коры. Исследования последних двух десятилетий показали, что здесь находится значительное число центров, связанных с контролем сахарного и водного обменов, теплорегуляции, полового влечения и т. д. Раздражая гипоталамическую область мозга крысы с помощью вживленных электродов, американский физиолог Олдс обнаружил в 1954 году зоны, стимуляция которых вызывает у животного состояние удовлетворения, имеющее пищевую или сексуальную окраску. Если это позволяли условия эксперимента, животное стремилось непрерывно замыкать электрическую цепь, вызывая раздражение мозга. Подобная самостимуляция могла продолжаться часами и оканчивалась только тогда, когда животное было окончательно обессилено. Патологические процессы, охватывающие эти участки мозга, сопровождаются грубыми нарушениями гомеостазиса.

Связь интероцепции с другими сенсорными процессами доказывается проведенными в школе И. П. Павлова опытами по выработке условных рефлексов между зрительными и слуховыми раздражителями и безусловнорефлекторными реакциями, возникающими в ответ на интероцептивные сигналы. К. М. Быков и В. Н. Черниговский обнаружили, что такие связи устанавливаются медленно и носят диффузный характер.

Классификация сенсорных процессов Ч. Шеррингтона сыграла значительную роль в развитии психофизиологии восприятия, позволив обобщить многие из известных науке фактов. И все же за прошедший со времени ее создания период были обнаружены новые

49

данные, позволяющие думать, что представление об однозначной связи рецептора и его функции, лежащее в основе классификации Ч. Шеррингтона, является упрощением действительного положения дел. Эти данные будут рассмотрены в следующем разделе.

2. Перцептивные системы

Перцептивные задачи, возникающие в деятельности субъекта, постоянно требуют от восприятия, в том числе и от сенсорных процессов адекватного отражения ситуации. В зависимости от характера перцептивных задач разным оказывается и отражение, хотя анатомические звенья сенсорики — рецепторы — остаются неизменными. Действительно, в одних случаях особое значение может иметь точная оценка пространственного положения предмета, в других — восприятие свойств его поверхности или формы. Как правило, в рамках одной и той же модальности возможно решение целой иерархии перцептивных задач.

В связи с этим важное теоретическое значение имеет высказанное Н. А. Бернштейном положение, что в зависимости от сложности движения все виды афферентации в большей или меньшей степени принимают участие в сенсорных коррекциях, выполняя функцию проприоцепции в широком смысле слова. Сложность или уровень двигательной задачи определяет состав сенсорных коррекций, с помощью которых она может быть решена.

Эти представления были подробно разработаны Н. А. Бернштейном в теории уровней регуляции движений[x)].

Первый уровень регуляции движений называется уровнем палеокинетических регуляций. С его помощью осуществляются простейшие, чисто рефлекторные движения, типа коленного рефлекса или вибрато скрипача. Сенсорным звеном этого рефлекторного кольца служат мышечно-силовые компоненты проприоцепции, замыкающиеся в спинном мозге и стволе головного мозга. Движения второго по сложности уровня синергий требуют сенсорных коррекций со стороны суставно-пространственных компонентов проприоцепции и контактной экстероцепции. Синергиями называются стереотипные движения, в которых участвуют большие

50

группы мышц. Примерами синергии могут быть большинство гимнастических упражнений или улыбка. Центральная регуляция движений этого уровня осуществляется подкорковыми ядрами талямуса и паллидума. Для выполнения движений следующего в иерархии уровня пространственного поля необходимы вестибулярная афферентация, осязание, зрение и слух. Это движения, приспособленные к внешнему пространству, такие, как метание мяча или печатание на пишущей машинке. Уровень пространственного поля является первым кортикальным уровнем. Его неврологическим субстратом являются базальные ядра и проекционные зоны различных анализаторов. Значительно более сложные движения выполняются на уровне предметного действия. Основным регулятором движения в этом случае является сам предмет: оно строится в соответствии с логикой его употребления. На этом уровне становятся возможными орудийные действия. Нейрофизиологические механизмы регуляции предметных действий расположены в премоторных и нижнетеменных зонах коры головного мозга. Еще выше находятся труднодифференцируемые уровни высших символических координаций, таких, как речь и письмо. Целенаправленные движения человека являются движениями высоких уровней.

Низшие уровни играют при этом подчиненную роль, выполняя фоновые координации.

Правильность представления о том, что не только проприоцепция, но и экстероцепция участвует в регуляции движений, подтверждается рядом полученных в последнее время данных.

Хорошо известно, что речевые артикуляции контролируются проприоцепцией от голосовых связок и гортани. В то же время существует однозначная связь между артикуляциями человека и его слуховыми восприятиями. Л. А. Чистович поставила опыты, показавшие, что слуховой канал сенсорных коррекций играет важную роль в регуляции речевого процесса. Испытуемый в этих опытах слышал все произносимые им слова с задержкой на десятые доли секунды, что достигалось благодаря использованию специальной звукозаписывающей аппаратуры и наушников. Когда таким образом нарушалась

непосредственная связь речевых артикуляций и слуховых восприятий, речь испытуемого чрезвычайно затруднялась,
51
теряла свой непроизвольный и плавный характер, а часто и совсем распадалась.

В сенсорных коррекциях многих движений участвует зрение. Эту его функцию Дж. Гибсон предложил назвать зрительной кинестезией. Когда наблюдатель перемещается в своем окружении, непрерывно меняется раздражение его зрительного анализатора. Однако, эти изменения оптической стимуляции не воспринимаются им как движения видимых предметов, т. е. в качестве экстероцепции. Они выполняют функцию зрительной кинестезии и служат для контроля осуществляемых движений (рис. 51).

Во время орудийных действий и различных манипуляций с объектами важная роль принадлежит осязанию. Таким образом, большинство видов экстероцепции выполняет, по крайней мере, две различные функции: они служат не только для отражения внешнего мира, но и для регуляции движений организма.

С другой стороны, как уже отмечалось, сложные формы предметного отражения неразрывно связаны с активными движениями субъекта, а значит, с проприоцепцией. Эти движения выполняют в процессе восприятия функцию эффекторных коррекций образа. Для проверки адекватности образа необходимо его сопоставление с отражаемым предметом. Наиболее простым путем подобного сравнения является внешнедвигательное перцептивное действие. В случае необходимости осуществляется коррекция образа. Различным уровням перцептивных задач соответствуют разные уровни эффекторных коррекций.

Эволюционную классификацию сенсорных процессов, также подчеркивающую их уровневое строение, предложил в 1920 году английский невролог Х. Хэд. Он различает эпикритическую и протопатическую чувствительность. Более молодая и совершенная эпикритическая чувствительность позволяет точно локализовать объект в пространстве, она дает объективные сведения о явлении. Например, осязание позволяет точно установить место прикосновения, а слух — определить направление, в котором раздался звук. Относительно древние и примитивные протопатические ощущения не дают точной локализации ни во внешнем пространстве, ни в пространстве тела. Их характеризует постоянная аффективная окрашенность, они отражают скорее субъективные состояния, чем объективные процессы.
52

> Х. Хэд доказал, что протопатические и эпикритические компоненты могут иметь место внутри одной модальности. Он перерезал у себя на руке веточку кожного нерва и наблюдал ход восстановления чувствительности на соответствующем участке кожи. В течение первого месяца чувствительность в этом месте отсутствовала. Примерно через шесть недель она появилась, но только в форме протопатической чувствительности. Ощущения прикосновения были диффузны и нелокализуемы, но при этом всегда либо приятны, либо неприятны. Только через полгода аффективный тон ощущений исчез, и они стали восприниматься как прикосновения, адресованные к данному участку кожи. В последнюю очередь восстановилось восприятие направления движения по поверхности кожи и способность определять форму объектов.
>
> Соотношение протопатических и эпикритических компонентов в разных видах чувствительности, естественно, оказывается различным. Интероцепция, например, представляет собой полностью протопатическую чувствительность. На рис. 10 схематично изображены соотношения их компонентов внутри пяти основных видов экстероцепции. Из схемы видно, что более молодые, дистантные модальности связаны, главным образом, с эпикретической чувствительностью.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что представления об однозначной связи рецептора и выполняемой им функции ошибочны. Анализатор, как известно, имеет системное, сложное строение. На каждом из уровней перцептивных действий достигается адекватное

отражение действительности, будь это картина мышечных напряжений или скрипичный концерт Паганини. Поэтому совокупность иерархических механизмов восприятия, способных решать различные по сложности перцептивные задачи, называется перцептивной системой. Перцептивные системы формируются в процессе деятельности, что обуславливает изменчивость входящих в них звеньев. В дальнейшем будут подробно рассмотрены пять основных перцептивных систем:

1. Зрительная система реализует сложную эпикритическую форму чувствительности. Она принимает участие в регуляции локомоций

53

и предметных действий. Зрению принадлежит важная роль в восприятии пространства. Эта система позволяет оценить свойства поверхности предмета, а также обеспечивает высшие формы предметного восприятия, которые отличает высокая константность.

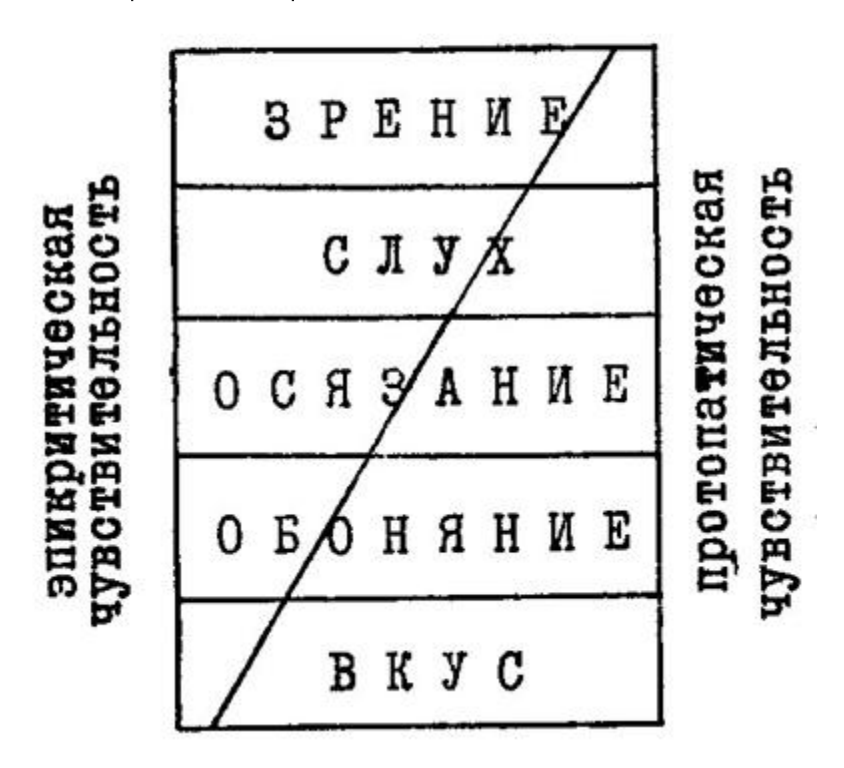


Рис. 10. Схематическое изображение соотношения компонентов протопатической и эпикритической чувствительности внутри различных видов экстероцептивных ощущений

2. Слуховая система дает информацию о свойствах акустических явлений и о положении звучащих объектов в пространстве. Она участвует в координации артикуляционных движений. Наконец, слуховая система связана со сложнейшими видами социальных восприятий — восприятием речи и музыки.

3. Кожно-мышечная система состоит из множества подсистем. Она участвует в регуляции движений и определяет восприятие взаимного положения частей тела. На основе активного осязания возможны высшие формы предметного восприятия. Функционирование кожно-мышечной системы проходит под контролем зрительной системы.

4. Обонятельно-вкусовая система делает возможным восприятие химических свойств различных веществ. У некоторых животных она используется для пространственной ориентации. Однако наибольшую роль эта система играет в контроле пищевого

54

поведения.

5. Вестибулярная система отражает действующие на тело силы тяжести и инерционные силы, связанные с его ускоренным движением. С ее помощью осуществляется оценка положения, позы, начала и окончания движения тела в различных направлениях. Вестибулярная система взаимодействует с большинством других перцептивных систем.

3. Интермодальные ощущения и синестезии

Перцептивные системы формируются под влиянием задач, возникающих в деятельности индивида. Многие перцептивные задачи требуют совместной работы нескольких перцептивных систем, поэтому возможны интермодальные или переходные формы чувствительности, занимающие промежуточное положение между традиционными модальностями.

Типичным интермодальным ощущением является ощущение вибрации. Как известно, слуховая система человека не воспринимает колебания воздуха с частотой ниже двадцати герц. Более низкие тона воспринимаются нами в виде вибрационных ощущений. Это осуществляется не с помощью слуха, что доказывается существованием вибрационной чувствительности у глухих, а посредством, главным образом, кожно-мышечной системы. Для возникновения ощущения вибрации важно, чтобы раздражение передавалось костными тканями и распространялось на возможно большую часть тела. Считается, что при этом возбуждается вестибулярная система, хотя для нее вибрация — неадекватный раздражитель.

Вибрационная чувствительность занимает в нашем восприятии несравненно меньшее место, чем осязание или слух. Но у людей, потерявших слух, она начинает играть огромную роль. Вибрационную чувствительность называют даже "слухом глухих". В литературе описаны случаи, когда глухие оказывались способны воспринимать с помощью вибрации сложные музыкальные произведения.

Другим примером интермодальной чувствительности служит так называемое "шестое чувство слепых". Известно, что слепые, от рождения или с детства, способны на расстоянии обнаруживать препятствия и успешно их обходить. Субъективные ощущения, возникающие
55
у них при этом, очень сложны. Как правило, слепые сообщают, что они чувствуют препятствие кожей лица. Однако, большинство исследователей считает, что чувство преграды связано не с кожной, а со слуховой чувствительностью. Согласно этой точке зрения, слепой гораздо лучше чем зрячий улавливает это от своих шагов. Отраженные от предметов звуки воспринимаются как ориентиры, дающие указания о препятствиях, к которым он приближается. Поэтому чувство препятствия отказывает, если на пути слепого вместо плотной стенки, хорошо отражающей звуки, поставить преграду в виде металлической сетки с крупными ячейками.

Развитие интермодальных ощущений, позволяющих компенсировать те или иные сенсорные недостатки, подчеркивает значение, которое имеет для развития перцептивных систем наличие конкретной перцептивной задачи. А. Н. Леонтьевым была продемонстрирована возможность формирования с помощью создания у испытуемого активной установки совершенно нового вида чувствительности, который получил название неспецифической световой чувствительности.

> В экспериментах ставилась задача выработать у испытуемых чувствительность к цвету посредством кожи ладони. Испытуемый сидел перед черным экраном. Через отверстие в экране была просунута его рука. В свою очередь сквозь отверстие в доске, на которой покоилась рука испытуемого, на ладонь проецировался красный или зеленый луч света. Лампа была отгорожена от ладони испытуемого водяным фильтром, так что раздражители, действующие на поверхность кожи, имели совершенно одинаковые тепловые характеристики и отличались лишь длинною волны.

В первой серии экспериментов испытуемый оставался пассивным, так как его ни о чем не предупреждали. Экспериментатор пытался выработать у него условный защитный рефлекс на раздражение красным светом. Раздражители подавались через разные промежутки времени в случайном порядке. Через тридцать секунд после раздражения ладони красным светом испытуемый получал удар током и, естественно, отдергивал ладонь. Зеленый свет

56

не сопровождался подкреплением. Оказалось, что даже после 800—900 сочетаний испытуемый не мог научиться вовремя отдергивать руку.

Во второй серии экспериментов испытуемому сообщалось, что иногда его ладонь будет освещаться красным, а иногда зеленым светом, и что если после освещения руки красным светом он не отдернет руку, то получит электрический удар. Иными словами, у испытуемых создавалась установка на активное обнаружение определенного раздражителя. В остальном условия опыта сохранялись. Результаты этой серии оказались поразительными. Уже через сорок — пятьдесят сочетаний удалось выработать условный рефлекс на освещение кожи красным светом, так что испытуемый отдергивал руку сразу после освещения ладони красным светом и оставлял ее на месте при освещении зеленым светом.

Взаимодействие перцептивных систем обусловлено, главным образом, единством окружающего мира. Действительно, один и тот же предмет или явление обладает множеством различных аспектов. Их восприятие связано с работой различных перцептивных систем, переферические звенья которых имеют весьма различные характеристики. Тем не менее мы воспринимаем единый целостный образ. Очень ярко взаимодействие перцептивных систем выступает в случае восприятия внешнего пространства (см. стр. 157 и стр.).

Существуют многочисленные факты, свидетельствующие о глубоких связях различных перцептивных систем. Речь идет о синестезии — возникновении ощущения определенной модальности под воздействием раздражителя, совершенно другой модальности. Явление синестезии может возникать как в явной, так и неявной форме. В явной форме, по данным ряда исследований, синестезии наблюдаются примерно у 50% детей и 15% взрослых. Очень яркие синестезии были, например, у композитора А. Н. Скрябина, переживавшего каждый звук окрашенным в тот или иной цвет и даже писавшего симфонии цвета. Можно утверждать, что в неявной форме синестезии встречаются у каждого. "Теплые" и "холодные" цветовые тона, "высокие" и "низкие" звуки свидетельствуют о том, как естественно подчас оцениваются ощущения при помощи

57

характеристик, заимствованных казалось бы, из совсем другой модальности.

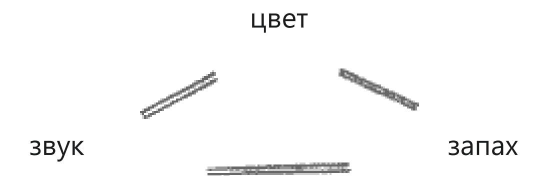
Наиболее универсальной в этом отношении оказалась характеристика "светлоты". Немецкий психолог Э. М. Хорнбостель показал в двадцатых годах нашего столетия, что светлыми и темными могут быть не только зрительные, но и осязательные, органические, обонятельные и слуховые ощущения. Так ощущения голода, прикосновения гладким и твердым предметом оценивались как светлые, а противоположные им ощущения — сытости, прикосновения шершавым и мягким предметом — как темные. Характеризуя незнакомые запахи, испытуемые использовали те же определения: запах духов казался им светлым, а запах дегтя — темным.

Чтобы проверить воспроизводимость получаемых таким образом результатов, Э. М. Хорнбостель провел контрольный опыт. Испытуемым давалась группа запахов и предлагалось с помощью цветового круга[x)] подобрать для каждого из них серый тон, соответствующей светлоты. Оказалось, что все испытуемые расположили запахи примерно в один и тот же ряд, причем запаху бензола соответствовал цветовой круг с 40% белого цвета. Затем те же запахи сравнивались со звуковыми сигналами, подаваемыми с помощью звукогенератора. В результате было установлено

соответствие обонятельных и слуховых ощущений, в котором запах бензола приравнивался звуковому тону частотой 220 гц. На последнем этапе эксперимента испытуемые должны были сопоставить различные звуковые тона с оттенками серого цвета. Оказалось, что для тона 220 герц был подобран серый цвет, на 41% состоящий из белого. Иными словами удалось показать эквивалентность оценок светлоты, запаха и высоты звукового тона. Условно этот результат можно изобразить в виде следующей

58

схемы:



Не менее интересные исследования провели немецкие биологи В. Бернштайн и П. Шиллер. В одном из опытов рыбы обучались плыть всегда к более освещенной из двух кормушек. После выработки этого условного рефлекса освещение кормушек уравнивалось, но перед одной из них рассеивалось вещество со "светлым", а перед другой — с "темным" (по шкале Э. М. Хорнбостеля) запахом. Рыбы направлялись к кормушке со "светлым" запахом. Другие опыты проводились с земноводными, меняющими свою окраску в зависимости от уровня освещенности. Результаты показали, что посветление окраски вызывают также "светлые" обонятельные и звуковые раздражители.

Следует подчеркнуть, что синестезии редко возникают в ситуации нормального предметного восприятия. Когда же воспринимаемая ситуация неопределенна, то синестезии наблюдаются довольно часто. Советская исследовательница Л. А. Селецкая провела опыты, показавшие, что сознательное выделение синестезических признаков "теплоты" и "холода" цветового тона при дифференциации цветовых карточек, предъявляемых в переферическом зрении, позволяет испытуемым улучшить показатели различения.

О механизмах синестезий известно в настоящее время еще очень мало. Опыты В. Бёрнштайна, добившегося посветления окраски темноадаптированных рыб с помощью инъекции им вытяжки из сетчатки светлоадаптированных рыб, говорят о том, что синестезии могут быть связаны с гуморальными процессами. В пользу биохимической гипотезы возникновения синестезий свидетельствуют факты о появлении синестезий под влиянием таких наркотиков, как мескалин и ЛСД-25. Не вызывает сомнения, что синестезии связаны с генетически ранними ступенями восприятия.

59

III. ПСИХОФИЗИКА

1. Абсолютные и разностные пороги.

Более 100 лет назад возникла психофизика, — наука, поставившая своей целью дать количественную оценку различным психическим явлениям. Наибольшие усилия были затрачены на измерение ощущений, которые в то время казались одновременно самыми простыми и главными элементами психической жизни. Сенсорная психофизика,

определяющая отношения между величиной раздражителя и вызванного им ощущения до сих пор продолжает оставаться одним из основных разделов психологии восприятия. Изучение психофизических отношений представляет значительный интерес для понимания того, каким образом информация об объекте преобразуется нашими перцептивными системами.

Центральным психофизическим фактом является то, что точность работы органов чувств не безгранична, поэтому всегда существует множество раздражителей, энергия которых недостаточна для возникновения ощущения. Из всего диапазона возможных раздражителей воспринимаются лишь те, величина которых находится в пределах относительно узкой области, традиционно называемой зоной подлинных ощущений.

Границы зоны подлинных ощущений определяются, в конечном счете, условиями жизни соответствующего вида. При этом с наибольшей отчетливостью воспринимаются сигналы, имеющие существенное значение для деятельности животного.

Например, дельфины и летучие мыши определяют пространственное положение объектов при помощи эхолокации — улавливания отраженных от внешних препятствий звуковых волн. При таком способе пространственной ориентации очень важно воспринимать высокочастотные звуковые колебания, так как чем меньше длина волны воспринимаемого сигнала, тем меньший объект может быть обнаружен при прочих равных условиях.

Проведенные этологами эксперименты показали, что как дельфины, так и летучие мыши действительно способны

60

улавливать ультразвуковые колебания частотой по 140000 гц, что приблизительно в семь раз превышает максимальную частоту звукового сигнала, воспринимаемого человеком.

Нижняя граница зоны подлинных ощущений, определяемая минимальной величиной раздражителя, уже вызывающей ощущение, называется нижним абсолютным порогом. Для некоторых характеристик стимула, таких, как частота звукового или светового сигнала, за верхний абсолютный порог принимают величину раздражителя, перестающего вызывать ощущение. В случае других физических характеристик, например, концентрации, яркости, давления, верхним абсолютным порогом называют величину раздражителя, начинающего вызывать вместо специфического болевое ощущение. В этом случае говорят также о болевом пороге.

Абсолютные пороги характеризуют чувствительность организма к данному виду стимуляции. В частности, чем меньше нижний абсолютный порог, тем более слабые раздражители могут восприниматься и учитываться в поведении. Поэтому принято считать, что величина абсолютной чувствительности обратно пропорциональна нижнему абсолютному порогу. Эта зависимость выражается простой формулой:

$$E=I/J_0$$

где E — абсолютная чувствительность, J_0 — нижний абсолютный порог.

Абсолютная чувствительность человека по отношению к некоторым формам энергии исключительно велика. Как показали исследования, проведенные, в частности, советским физиком С. И. Вавиловым, зрительное ощущение возникает при попадании на сетчатку всего нескольких (от 2 до 8) квантов света. Это значит, что в полной темноте при идеальных атмосферных условиях мы могли бы заметить горящую свечу на расстоянии 27 км. Энергия этого раздражения столь мала, что ее пришлось бы копить 60 млн. лет, чтобы нагреть 1 куб. см воды на 1°. Настолько же тонка и слуховая чувствительность. Звуковой тон частотой 2000 гц воспринимается, когда амплитуда движений частиц воздуха у барабанной перепонки не превышает диаметра молекулы водорода. Если слуховую чувствительность увеличить всего в два раза, то можно было

61

бы услышать броуновское движение молекул в воздухе и в самом слуховом рецепторе.

Помимо задачи обнаружения очень слабых сигналов, перед организмом встает задача различения раздражителей по их силе и качеству. Наименьшее различие между двумя раздражителями, которое может быть замечено наблюдателем, называется разностным порогом. Величину, обратную величине разностного порога, называют разностной чувствительностью. Определение разностных порогов имеет не меньшее, а подчас и большее значение, чем определение абсолютных порогов. Достаточно сказать, что некоторые профессии предъявляют очень высокие требования к разностной чувствительности по отношению к цвету, вкусу, запаху изготовляемых продуктов.

Разностные пороги не одинаковы для различных по величине исходных раздражителей эталонов. Так, если комната освещена лампочкой, силой всего в две свечи, то добавление к ней еще одной свечи сразу будет заметно, если же в комнате горит лампа силой в 1000 свечей, то увеличение освещенности на одну, две и даже пять свечей не воспринимается наблюдателем.

В 1729 году французский физик Бугер пришел к выводу, что разностный порог восприятия изменения освещенности прямо пропорционален ее исходному уровню. Через 100 лет после Бугера, в 1831 году, это открытие повторил немецкий физиолог Э. Х. Вебер. Он установил, что не только для зрительных, но и для ощущений других модальностей разностный порог изменяется прямо пропорционально величине исходного раздражителя. Таким образом был найден очень важный психофизический закон, который называется сейчас законом Бугера-Вебера. Поясним смысл этого закона на примере, взятом из работ самого Э. Х. Вебера.

> В одном из своих опытов Э. Х. Вебер определял разностный порог восприятия тяжести груза, положенного на неподвижную руку испытуемого. Оказалось, что если на руке лежит груз весом в 100 г, то прибавка 10 или 20 г не замечалась испытуемым. Только когда добавлялось приблизительно 33 г, испытуемый отмечал, что груз потяжелел. Для груза весом в 200 г прибавки весом в 33 г было уже недостаточно. Разностный порог в этом случае был равен 66 г. Для 500 г и 1000 г требовалось увеличение

62

> груза соответственно на 160 и 320 г. Простое сравнение этих чисел: 33/100, 66/200, 160/500, 320/1000 показывает, что для восприятия изменения веса приходилось каждый раз увеличивать исходный раздражитель примерно на 1/3.

В общем виде закон Бугера-Вебера записывается следующим образом:

$$\Delta J/J_0=k$$

где ΔJ — разностный порог, J_0 — исходный раздражитель, k — постоянная.

Отношение разностного порога к величине эталонного раздражителя называется относительным разностным или дифференциальным порогом. Величина, обратная дифференциальному порогу, называется дифференциальной чувствительностью. Как показали многочисленные исследования, величина дифференциальной чувствительности не одинакова для различных модальностей. Наименьшие дифференциальные пороги, равные 0,01, обнаружены для зрительного восприятия яркости; величина соответствующего порога восприятия громкости составляет 0,33, температуры — 0,1 и т. д.

Эти исследования, однако, показали, что постоянство дифференциального порога сохраняется только для средних значений величин исходных раздражителей. При приближении к нижнему или верхнему абсолютному порогу значение дифференциального порога начинает увеличиваться, и, следовательно, закон Бугера-Вебера нарушается. На рис. 11. схематически показано фактическое изменение дифференциального порога в зависимости от величины исходного раздражителя.

Если само понятие "порог" относительно просто, то его измерение представляет собой сложную методическую проблему. Основателем психофизики немецким философом Г. Т. Фехнером в 1860 году были предложены три основных метода определения порогов:

I. <u>Метод границ</u>. Экспериментатор постепенно увеличивает величину раздражителей, начиная с очень слабых подпороговых значений, до тех пор, пока испытуемый не сообщает о появлении сигнала. Затем процедура повторяется, но на этот раз величина раздражителей меняется в обратном порядке. От достаточно сильных, отчетливо воспринимаемых раздражителей экспериментатор

63

переходит к более слабым, снижая интенсивность сигнала до тех пор, пока он не перестает восприниматься испытуемым. Такие восходящие и нисходящие серии предъявлений чередуются много раз для получения достаточного количества данных о пороге.

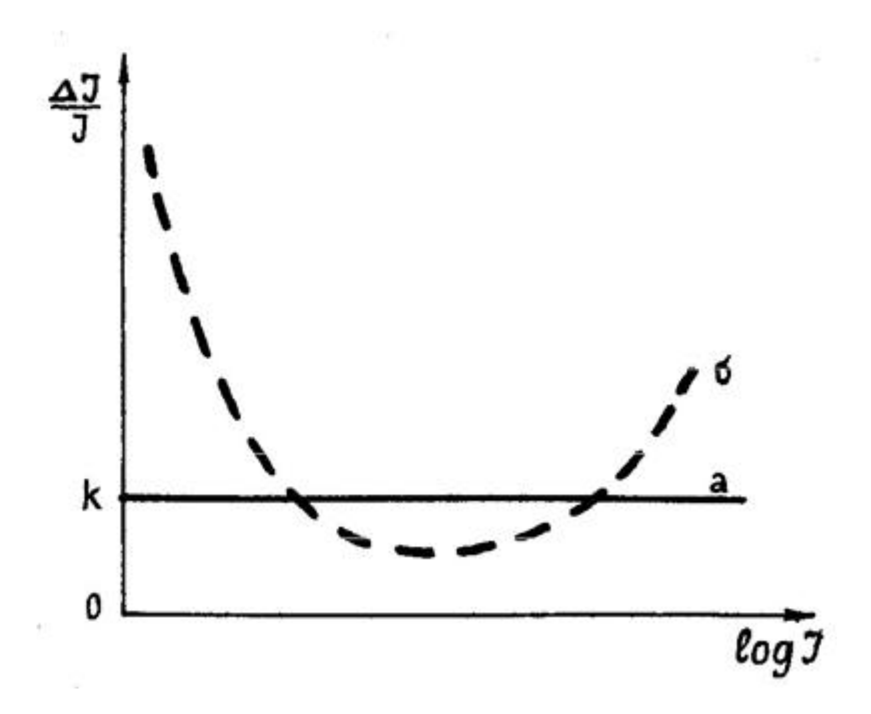


Рис. 11. Изменение дифференциального порога в зависимости от величины исходного раздражителя. Из закона Бугера-Вебера следует, что эта зависимость должна выражаться горизонтальной линией (а), экспериментальная кривая (б) значительно отклоняется от нее при больших и очень малых значениях исходного раздражителя.

Метод границ иллюстрируется таблицей 2, в которой представлены результаты трех восходящих и трех нисходящих серий предъявлений[x]. В колонках занесены ответы испытуемого: "нет" означает, что стимул не воспринят, "да" — что он воспринят. Горизонтальная черта указывает в каждой колонке интенсивность раздражителя, соответствующую границе перехода от восприятия к невосприятию или наоборот.

Важно отметить изменчивость этих границ: они варьируют от 10,5 до 14,5 единиц. Порог определяется как среднее арифметическое всех границ, в данном случае он

64

составляет 12,2 единицы.

Таблица 2

Ответы испытуемого

(в условных единицах)	Номер серии п/п					
	1	2	3	4	5	6
7	Нет		Нет		Нет	
8	Нет		Нет		Нет	
9	Нет		Нет		Нет	
10	Нет		Нет		Нет	Нет$_{10,5}$
11	Нет	Нет$_{11,5}$	Нет$_{11,5}$		Нет	Да
12	Нет$_{12,5}$	Да			Нет$_{12,5}$	Да
13	Да	Да			Да	Да
14		Да		Нет$_{14,5}$		Да
15		Да		Да		Да
16		Да		Да		Да
17		Да		Да		Да
13		Да		Да		Да
19		Да		Да		Да

II. Метод установки. Этот метод отличается от метода границ только тем, что здесь испытуемый самостоятельно изменяет величину раздражителя, поочередно добиваясь то появления, то исчезновения сигнала. Значения границ, полученные в отдельных пробах, обычно не вполне совпадают, поэтому для определения порога вычисляется их среднее арифметическое значение.

III. Метод постоянных стимулов. Вокруг предполагаемого значения порога в диапазоне от очень редко и до почти всегда воспринимаемых величин интенсивности раздражителя экспериментатор отбирает от 5 до 10 равноотстоящих раздражителей. Эти раздражители предъявляются испытуемому много раз в случайном порядке.

65

Испытуемый отмечает наличие или отсутствие сигнала, а иногда также и степень уверенности в правильности своего ответа. Затем для каждого значения раздражителя вычисляется вероятность его восприятия и пропуска. За порог принимают величину раздражителя, воспринимаемого в 50% всех предъявлений.

Этот метод можно проиллюстрировать тем же экспериментальным материалом, что и метод границ (рис. 12). Пусть предварительно было установлено, что величина порога колеблется вокруг значения интенсивности раздражителя, равного 13 условным единицам. После этого выбирается 5 раздражителей, величина которых варьирует от 9 до 17 единиц. График показывает процент воспринятых и невоспринятых стимулов каждой интенсивности. Пунктирные линии показывают, что значение порога, при котором стимулы воспринимаются в 50% случаев, приблизительно равно 12,8. Действительно стимул пороговой интенсивности совершенно не обязательно должен быть в числе отобранных с самого начала. На графике значение порогового стимула было отобрано с помощью интерполяции.



Рис. 12. Метод постоянных стимулов.

66

Чтобы осуществить интерполяцию, необходимо предположить определенную форму кривой между двумя измеренными точками. В данном случае было сделано простейшее допущение, что она имеет вид прямой линии.

Каждый из описанных методов имеет свои достоинства и свои недостатки. В методах границ и установки испытуемый прекрасно осведомлен о характере изменения раздражителей, в результате ожидание того или иного сигнала может исказить его восприятие. В методе постоянных раздражителей такая опасность отсутствует, так как предъявление стимулов производится в случайном порядке. Поэтому по сравнению с методами границ и установки этот метод позволяет оценить порог с большей точностью. Однако отрицательной стороной метода постоянных раздражителей является большая громоздкость: поскольку значение порога нельзя определить до конца измерений, мы вынуждены давать слишком много лишних предъявлений. Следовательно, этот метод непригоден там, где требуется быстрое определение порога.

Было предпринято немало попыток создания новых методов измерения порогов, совмещающих достоинства трех классических методов и свободных от их недостатков. Один из них, предложенный американским психологом Т. Н. Корнсуитом (1962), называется методом случайных двойных рядов. Фактически, он представляет собой не что иное, как два одновременных применения метода границ. Испытуемому предъявляются раздражители, которые могут быть элементами как восходящей, так и нисходящей серии. Серия, из которой предъявляется раздражитель, каждый раз определяется случайно, поэтому испытуемый не может догадаться, с каким раздражителем он будет иметь дело в следующий момент. Таким образом исключается влияние ожидания, т. е. сохраняется преимущество метода постоянных стимулов. С другой стороны, поскольку направление изменений интенсивности стимулов меняется всякий раз, когда достигается порог (как в методах границ и установки), то стимулы значительно выше или ниже порога в опыте не предъявляются.

Рис. 13 иллюстрирует метод случайных двойных рядов все на том же экспериментальном материале. Один из способов подсчета порога при этом методе состоит в

67

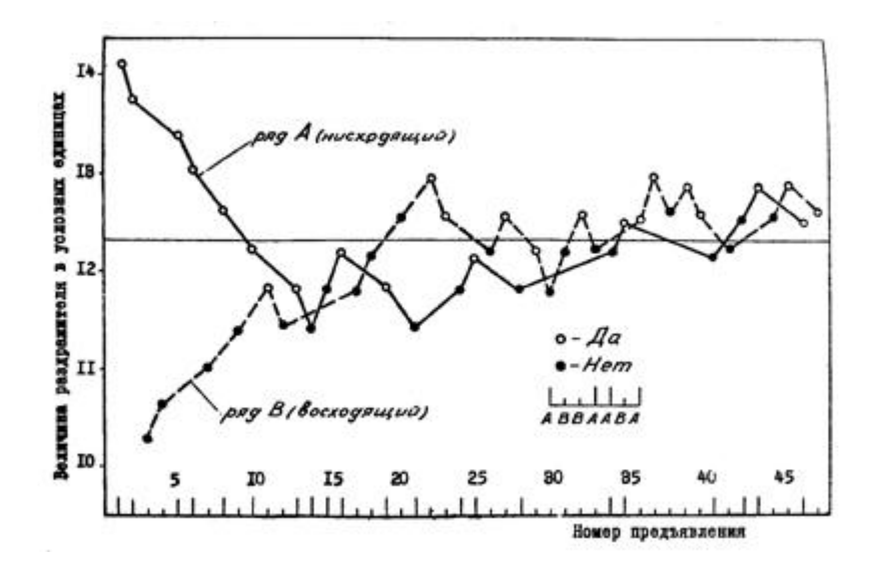


Рис. 13. Метод случайных двойных рядов
(по Кречу, Крачфилду и Ливсону, 1969)

68

усреднении всех стимулов, предъявленных после схождения рядов. В данном случае это значение составляет 12,4 единицы.

Следует обратить внимание на то, что каждый из рассмотренных методов определения порога дает несколько различные результаты. Так, в приведенных примерах значения порога составляли 12,2, 12,8 и 12,4 единицы. Точность измерения порога повышается благодаря применению статистики и случайному порядку предъявлений раздражителей.

Однако всякий раз, когда о достижении раздражителем пороговой интенсивности судят по речевой или какой-либо другой произвольной реакции испытуемого, результаты зависят в конечном счете от его отношения к опыту. Поэтому методы определения порога, основанные на речевых ответах испытуемого, иногда называют "субъективными методами".

В последние десятилетия, в связи с развитием психофизиологии, традиционные исследования порогов дополняются изучением физиологических показателей восприятия сигнала. Эти так называемые "объективные методы" дают возможность установить пороги ощущений, не спрашивая испытуемого о том, когда он начинает воспринимать предъявляемый ему сигнал. Одновременно объективные методы позволяют подойти к решению вопроса о связи физиологических реакций, вызываемых раздражителем, с субъективными ощущениями испытуемого, которые отражаются в его речевом отчете.

Возможность объективной регистрации порогов связана прежде всего с тем, что каждый новый раздражитель (звук, свет, прикосновение) вызывает у субъекта ориентировочную реакцию, проявляющуюся в изменении ряда физиологических процессов: депрессии α-ритма, регистрируемой в электроэнцефалограмме, увеличении электрической проводимости кожи (кожно-гальваническая реакция), сужении сосудов на периферии тела при расширении сосудов головы, зрачка и т. д. Ориентировочная реакция не возникает, если интенсивность стимула слишком мала.

Как показали многочисленные исследования, пороги ориентировочной реакции оказываются равными или более низкими, чем пороги ощущений, полученные при помощи субъективных методов. Это говорит о том, что объективные методы измерения

69

порогов могут быть использованы для определения порогов ощущения. Особенно важное значение имеет использование объективных методов в тех случаях, когда опрос испытуемого о моменте появления сигнала невозможен, что имеет место, например, при исследовании маленьких детей, душевнобольных, в случаях симуляции и т. п.

Лишь в некоторых случаях значения порогов, полученных с помощью объективных и субъективных методов, могут резко расходиться друг с другом. Такие случаи представляют особый интерес и на них следует специально остановиться.

Известно, что сверхсильная ударная волна, возникающая при взрыве, может вызвать резкое снижение остроты слуха, иногда полную глухоту, которая объясняется тем, что у пострадавшего возникает тормозное состояние соответствующих отделов мозговой коры[x)]. Поэтому такие больные не слышат даже очень сильные звуки.

Однако, как показали опыты Г. В. Гершуни, звуки, которые больные не слышат, тем не менее вызывают обычную ориентировочную реакцию, со всеми характерными для нее изменениями физиологических процессов. Таким образом возникает расхождение между объективными реакциями на раздражитель и его субъективным восприятием.

Область значений раздражителя между величинами порогов, измеренных с помощью объективных и субъективных психофизических методов, получила название субсенсорного диапазона. По мере выздоровления слуховая чувствительность обостряется, и субсенсорный диапазон постепенно исчезает.

Объективные методы применяются не только для измерения абсолютных порогов ощущения, но и для определения разностных порогов. Для этого поступают следующим образом. Сначала испытуемому предъявляют эталонный раздражитель, вызывающий перечисленные выше объективные признаки ориентировочной реакции. Предъявление эталонного раздражителя повторяется до тех пор,

70

пока испытуемый не привыкнет к нему, и он не перестанет вызывать ориентировочную реакцию. Когда этот момент наступает, начинается основной опыт. Испытуемому предъявляют сигнал несколько отличающийся от эталонного раздражителя. Если отличие это настолько незначительно, что не различается испытуемым, то новый раздражитель принимается за уже знакомый, и ориентировочный рефлекс не восстанавливается. Как только испытуемый начинает отличать его от эталонного раздражителя, появляются признаки ориентировочной реакции. Они то и являются объективными показателями того, что испытуемый различает раздражители.

Кроме рассмотренных объективных методов, основанных на регистрации компонентов ориентировочной реакции, для определения порогов применяются метод вызванных потенциалов и разнообразные условно-рефлекторные методики, позволяющие изучать их не только у человека, но и у животных.

Восприятие сигнала очень слабой интенсивности, точно также как и установление различий между двумя сходными сигналами, представляет собой сложную задачу, решение которой требует от наблюдателя большого напряжения и максимальной мобилизации внимания. Об этом говорят и психофизиологические данные. Так, например, оказалось, что при измерении нижнего абсолютного порога ориентировочная реакция в ответ на слабый сигнал, едва превышающий порог, может быть сильнее, чем на интенсивный, заведомо надпороговый раздражитель.

Изучение обнаружения сигнала показывает, что оно является активным процессом, включающим не только афферентные, но и эфферентные звенья. Это особенно наглядно проявляется в том случае, когда местоположение сигнала неизвестно и для его обнаружения необходим развернутый моторный поиск. Поэтому обнаружение сигнала можно с полным правом считать специфическимперцептивным действием.

В современной психологии изучению процесса обнаружения сигнала придается очень большое значение. Это связано с тем, что операторы различных автоматизированных систем управления должны возможно более быстро и правильно реагировать на малейшие изменения показаний приборов, которые могут сигнализировать о грозящем столкновении самолетов, появлении в зоне

71

химической реакции вредного вещества или о других серьезных событиях.

Психологи, занимающиеся исследованием обнаружения сигналов оператором, все больше приходят к выводу, что сложность этого перцептивного действия заключается не просто в невозможности воспринять сигнал из-за его слабости, а в том, что он всегда присутствует на фоне маскирующих его помех или шума. Источники этого шума исключительно многочисленны. Среди них можно было бы назвать посторонние раздражители, спонтанную активность рецепторов и нейронов в ЦНС, изменения ориентации рецептора относительно раздражителя, колебания внимания и многое другое.

Действие всех этих факторов приводит к тому, что наблюдатель никогда не может с полной уверенностью сказать, когда сигнал предъявлялся и когда его не было. В результате сам процесс обнаружения сигнала приобретает вероятностный характер. Эта особенность восприятия сигналов, околопороговой интенсивности, учитывается в ряде созданных за последние годы математических моделей, описывающих деятельность оператора и позволяющих подсказать ему наилучший образ действий.

Особенно большой вклад в моделирование процесса обнаружения сигнала внесли американские ученые П. В. Таннер и Дж. А. Светс, а в нашей стране — Е. Н. Соколов. Восприятие слабых сигналов описывается этими авторами по аналогии с процессом принятия решения в неопределенной обстановке.

Предположим, что средняя интенсивность шума равна $J_{ш}$, а интенсивность сигнала — $J_{с}$. Из-за влияния указанных выше источников помех можно говорить только о двух распределениях значений раздражителей со средними $J_{ш}$ и $J_{ш}$ +$J_{с}$ (рис. 14). Задача наблюдателя состоит в том, чтобы для каждого обнаруженного раздражителя решить, относится ли он к первому или ко второму распределению, иными словами, является ли он всего лишь сильной помехой или же слабым сигналом.

Успешность решения этой задачи определяется, во-первых, степенью смешения этих двух распределений, а во-вторых, тем правилом или критерием, которым руководствуется наблюдатель при отнесении раздражителя к

72

сигналу или к шуму. Так как в общем случае оба распределения частично перекрываются, то выбор критерия представляет собой компромисс между двумя типами ошибок: наблюдатель может принять за сигнал одну из помех ("ложная тревога") или пропустить настоящий сигнал. Так, например, если наблюдатель выберет критерий 1, как это показано на рис. 14 (А), то вероятность пропуска сигнала будет очень небольшой, но зато вероятность ложных тревог — значительной. Напротив, выбор критерия 2, показанного на рис. 14 (Б), сопровождается уменьшением вероятности ложных тревог и увеличением вероятности пропуска сигнала.

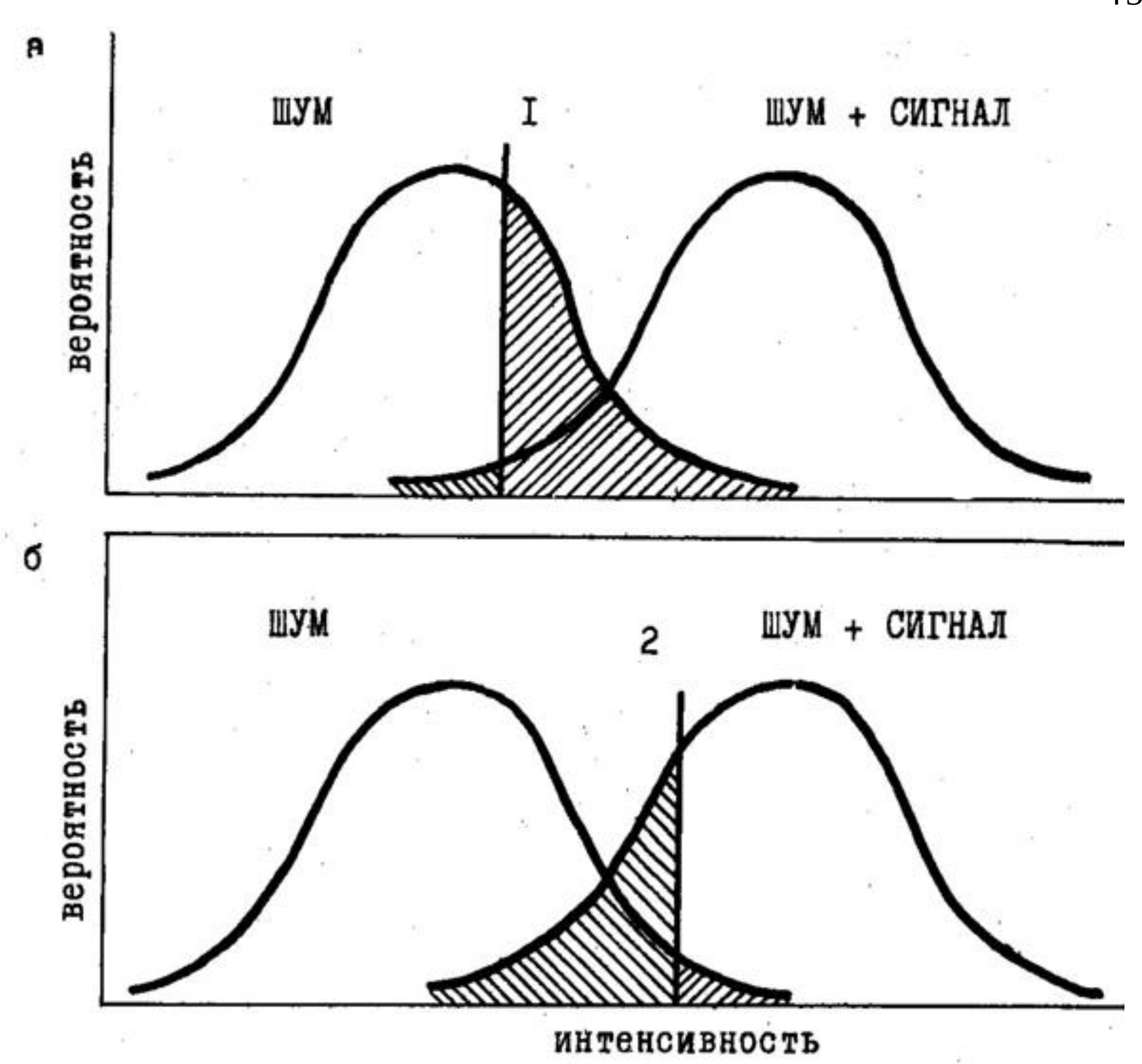


Рис. 14. Обнаружение сигнала, как вероятностный процесс. Заштрихованная площадь слева от критерия соответствует вероятности пропуска сигнала, а справа — вероятности ложных тревог (см. текст).

73

Изменение положения критерия для данных параметров распределений сигнала и шума задает график, называемый рабочей характеристикой наблюдателя. По абциссе при этом откладывается вероятность ложных тревог, а по ординате — вероятность обнаружения сигнала, численно равная единице за вычетом вероятности пропуска сигнала. С формальной точки зрения оптимальным был бы выбор критерия, делающий минимальным произведение вероятностей двух возможных ошибок: пропуска сигнала и ложных тревог (точка "А" на рис. 15). Однако в жизненных ситуациях, в зависимости от характера деятельности, в которую включено действие опознания сигнала, ошибки пропуска сигнала и ложных тревог могут иметь совершенно разные последствия. Именно это обстоятельство и определяет выбор критерия в конкретных условиях.

Таким образом, изучение порогов убедительно показывает, насколько неправильно было бы представлять ощущение как пассивный результат воздействия изолированного внешнего агента на рецептор.

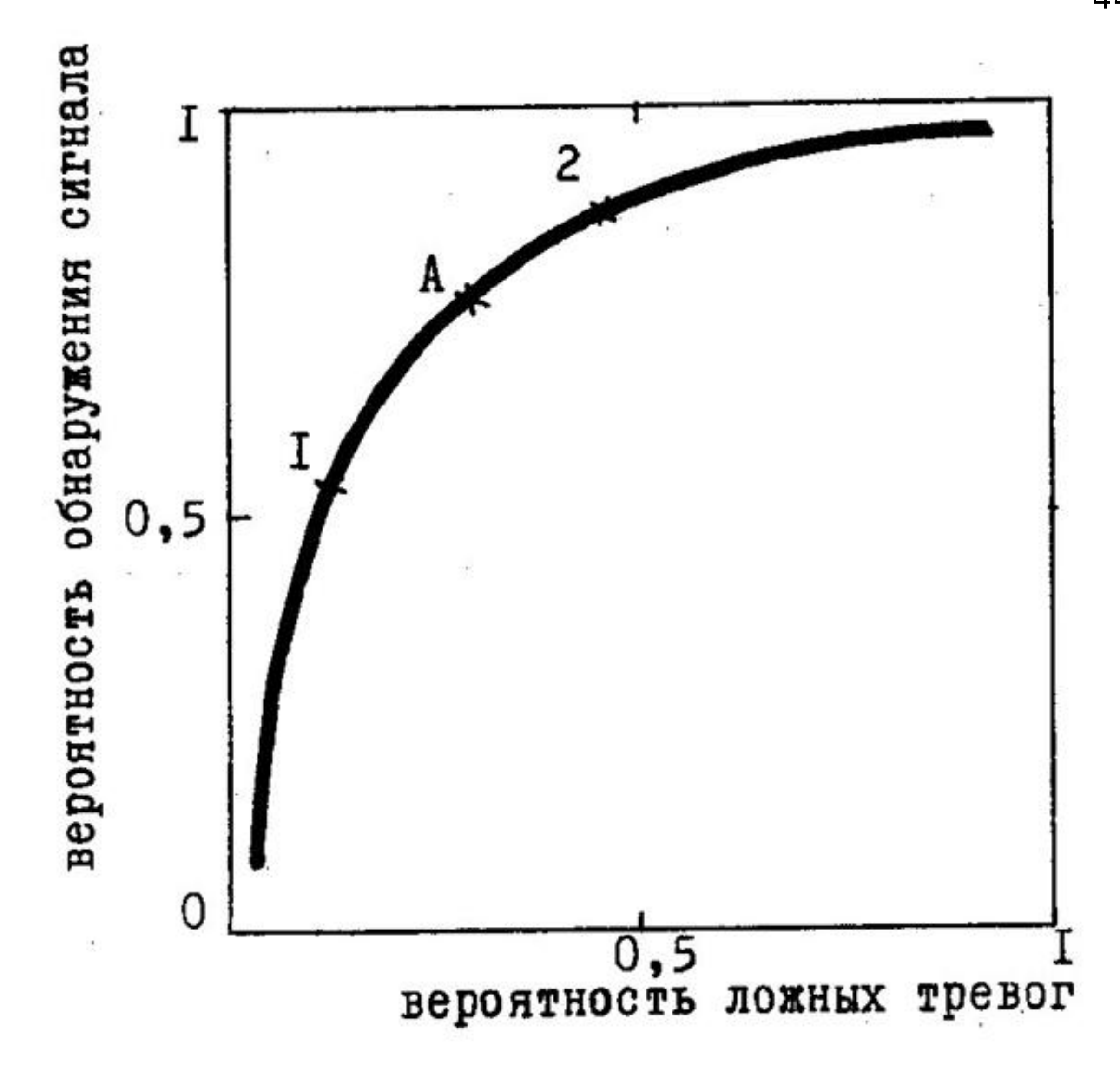


Рис. 15. Рабочая характеристика наблюдателя. (Точки 1 и 2 соответствуют критериям 1 и 2 на рис. 14 /см. текст/).

74

2. <u>Шкалирование ощущений</u>

Как абсолютные, так и разностные пороги, связаны с чувствительностью организма к данному виду раздражения. Они характеризуют возможности обнаружения сигнала в отдельных точках зоны подлинных ощущений. В тех случаях, когда справедлив закон Бугера-Вебера, постоянство дифференциального порога позволяет заранее определить разностную чувствительность в любой точке этой зоны. Но и знание дифференциального порога не дает прямого ответа на центральный вопрос психофизики — каким образом меняется величина ощущения при изменении величины раздражителя.

Допустим, необходимо вдвое увеличить воспринимаемую громкость звука. Было бы ошибкой думать, что для этого достаточно просто вдвое увеличить физическую интенсивность сигнала. Воспринимаемое изменение громкости будет очень незначительным: так как

дифференциальный порог громкости равен 0,33, то оно лишь в три раза превысит разностный порог — наименьшее заметное различие громкости. Для того, чтобы заранее сказать, каким образом изменится при этом величина громкости, необходима разработка специальных методов измерения или, как чаще говорят в психофизике, шкалирования ощущений.

Измерением в самом широком смысле слова называется приписывание чисел объектам в соответствии с определенными правилами. В случае измерения ощущений это означает установление соответствия между значениями раздражителя и числами, выражающими величину ощущения. Такое соответствие, как результат измерения, называют психофизической шкалой.

Подобно всякому измерению шкалирование ощущений может быть более или менее полным. В простейшем случае раздражители упорядочиваются таким образом, что для любых двух из них можно указать раздражитель, вызывающий более сильное (приятное, яркое, громкое ...) ощущение. Соответствие раздражителей и ощущений, обладающее только этим свойством, называется шкалой порядка.

Если процедура измерения позволяет выделить раздражители,

75

вызывающие одинаковые "единичные" ощущения, то строится шкала интервалов. С помощью шкал этого вида можно определить насколько единиц одно ощущение больше другого, хотя нельзя сказать во сколько раз оно больше.

Для анализа отношений величин ощущений надо знать раздражители, вызывающие не только единичное, но и нулевое ощущение. Таким раздражителем, очевидно, является раздражитель, величина которого равна нижнему абсолютному порогу. Психофизическая шкала, для которой определены раздражители, вызывающие как единичное, так и нулевое ощущение, называется шкалой отношений.

В точных науках, прежде всего в физике, преобладают шкалы последних двух видов. Примерами шкал интервалов могут служить шкалы температур Цельсия и Фаренгейта, т. к. нулевые точки в этих шкалах выбраны произвольно. Напротив, шкалы веса или абсолютной температуры (Кельвина) представляют собой типичные шкалы отношений.

Психофизика также стремится к созданию шкал, наиболее полно отражающих количественные характеристики ощущений. Известны косвенные и прямые методы шкалирования ощущений, которые позволяют построить шкалы интервалов и отношений.

Косвенный метод шкалирования ощущений, предложенный Г. Т. Фехнером, связан с использованием закона Бугера-Вебера. Г. Т. Фехнер сделал всего лишь одно дополнительное предположение. Согласно нему, едва заметное изменение ощущения, возникающее в ответ на изменение величины раздражителя, равное разностному порогу, представляет собой постоянное единичное ощущение, независящее от абсолютной величины раздражителя. За величину ощущения принимается число едва заметных различий между ним и нулевым ощущением. Эта величина, очевидно, равна числу разностных порогов от нижнего абсолютного порога до раздражителя, вызывающего данное ощущение.

Предположим, что величина действующего раздражителя равна J, нижний абсолютный порог J_0, дифференциальный порог k, а искомое число едва заметных

76

различий ощущений — y. Тогда из закона Бугера-Вебера следует:

$$J=J_0(1+k)^y$$

$$\log J=\log J_0+y\log(1+k)$$

$$y=\frac{\log J/J_0}{\log(1+k)}$$

Заменяя в последнем выражении log(l+k) на зависящую от k и выбранного основания логарифмов постоянную n, получаем аналитическое выражение, характеризующее зависимость y от J:

$$y = n \log \frac{J}{J_0}$$

Логарифмическая зависимость величины ощущения от величины интенсивности раздражителя получила название закона Фехнера. Его справедливость была показана для многих видов ощущений, а в последнее время, также и для ряда психофизиологических реакций. На рис. 16 показан график изменения активности одиночного волокна глаза пресноводного рачка limulus при увеличении яркости света. Кривая пропорциональна логарифму интенсивности раздражителя.

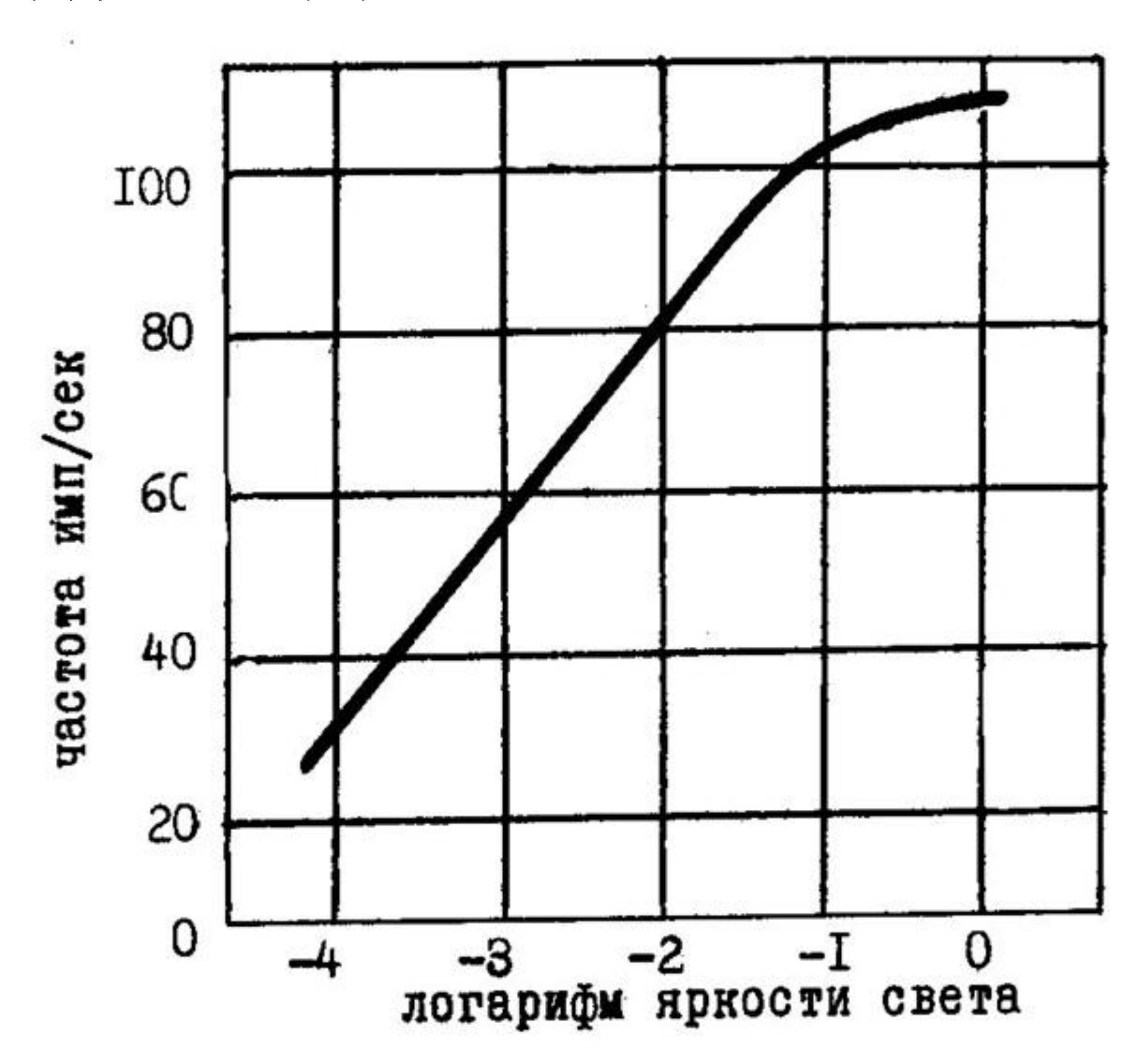


Рис. 16. Изменение частоты нервных импульсов в волокне глаза limulus в зависимости от яркости света (по Хартлайну, 1960)

77

Форме закона Фехнера соответствуют и некоторые применяемые в психофизике физические единицы измерения. Наиболее известная из них — децибел — равна 0,1

логарифма отношения интенсивности действующего раздражителя к величине нижнего абсолютного порога[x)].

В то же время, правомерность закона Фехнера определяется постоянством дифференциального порога. Так как оно сохраняется только для средних областей зоны подлинных ощущений, то и закон Фехнера нарушается в районах абсолютных порогов. Обнаружены и другие случаи грубого нарушения закона Фехнера. Например, общее число разностных порогов от нижнего до верхнего абсолютного порога громкости, измеренное для звуковых тонов разной частоты, отличается друг от друга в несколько раз, тогда как громкость во всех этих случаях кажется одинаковой (А. Пьерон, 1966).

Г. Т. Фехнер очень оптимистически оценивал дальнейшую судьбу своего закона. "Вавилонская башня, — писал он в одной из своих поздних работ[xx)], — не была построена, потому что строители не могли договориться, как ее строить. Мое психологическое сооружение будет стоять потому, что люди никогда не смогут договориться, как его разрушить". Однако в последние годы получены данные, показывающие, что измерение ощущений возможно без помощи понятия дифференциального порога и предположения его постоянства.

Прямой метод шкалирования ощущений впервые применил бельгийский психолог Плато в 1872 году. Он просил испытуемых расположить между черными и белыми цветами серию серых тонов так, чтобы они были разделены субъективно равными интервалами. Оказалось, что величина каждого последующего интервала равна величине предыдущего, возведенной в некоторую степень. Из этого следует, что и величина ощущений представляет собой степенную функция величины раздражителя $y=aJ^b + c$, где y — величина ощущения, a, b, c — постоянные.

78

Другая разновидность этого метода была разработана современным американским психологом С. С. Стивенсом (1956). Наблюдатель должен в этом случае изменять параметры раздражителя таким образом, чтобы получить половину, пятую или какую-либо другую часть яркости (громкости, насыщенности и т. д.) эталона. В настоящее время эти исследования привели к построению степенных психофизических шкал для десятков модальностей и качеств ощущений. Поэтому зависимости степенного вида иногда называют законом Стивенса.

С. С. Стивенс следующим образом описывает возникновение замысла нового метода шкалирования ощущений: "Все началось с дружеского замечания коллеги: "Вы, кажется, уверены, что каждому уровню громкости можно приписать определенное число, но ведь это значит, что если подавать звуковые сигналы, я смогу называть для их громкости подходящие числа". Я ответил: "Это интересная идея. Давайте проверим ее". Мы согласились, что как и во всяком измерении прежде всего надо выбрать единицу измерения. Поэтому я предъявил громкий звуковой сигнал и предложил считать его громкость равной 100 единицам. Затем я начал предъявлять звуки различной громкости в случайной последовательности. В ответ на каждый сигнал мой коллега с легкостью, удивившей нас обоих, называл его численную величину. Ответы на одинаковые сигналы, предъявлявшиеся в разных местах последовательности, были примерно одинаковыми"[x)].

Величина показателя степени — экспонента — в разных случаях оказывается весьма различной. Для высоты звукового тона она равна 0,3; для субъективной интенсивности электрического удара — 3,5, а воспринимаемая зрительно величина искусственной звезды растет приблизительно пропорционально квадратному корню ее освещенности.

Обнаруженные зависимости очень показательны. Для видимой яркости (экспонента равна 0,33) имеет место сильное сжатие шкалы, так что для увеличения светлоты вдвое, физическую яркость раздражителя приходится увеличить в 10 раз. В результате оказывается возможным восприятие очень разных по своей яркости

79

световых сигналов. Для такого неадекватного вида раздражения, как электрический ток, приложенный к пальцу, справедливо обратное. Субъективная интенсивность раздражителя в этом случае стремительно возрастает. Каждое удвоение силы тока увеличивает ее более, чем в 11 раз. Наконец, для зрительных оценок длин отрезков прямой экспонента очень близка к 1. Это значит, что длина линий воспринимается практически без искажений. Все три рассмотренные психофизические шкалы показаны на рис. 17.

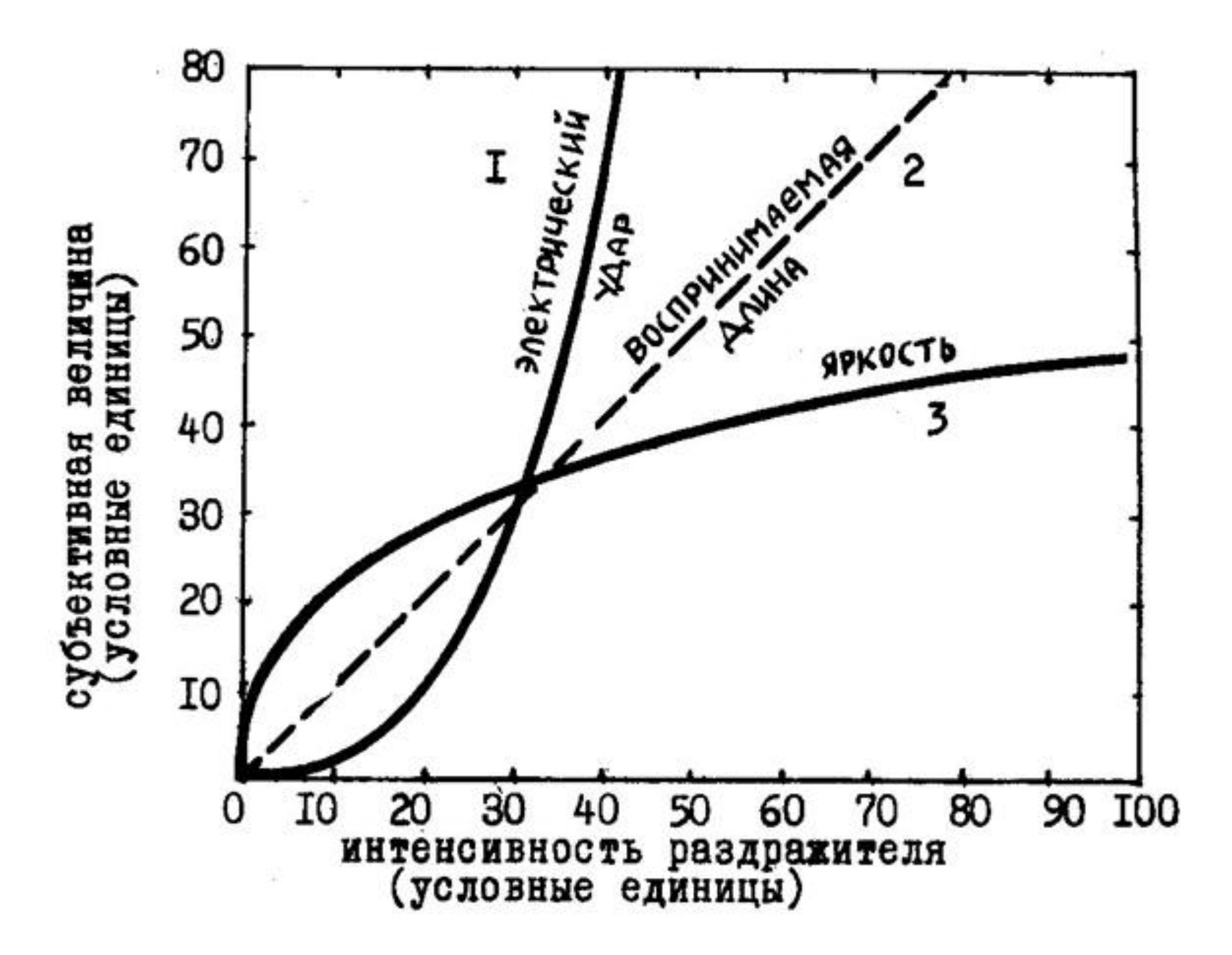


Рис. 17. Психофизические шкалы воспринимаемой силы электрического удара (1), длины отрезка прямой линии (2) и видимой яркости (3).

Результаты, полученные с помощью прямого и косвенного метода шкалирования ощущений, находятся в известном противоречии друг с другом. Пока еще нет данных, которые позволили бы отдать предпочтение логарифмическому закону Фехнера или степенному закону Стивенса. Многие явления удается объяснить с помощью как одной, так и другой зависимости. Например, из закона Стивенса следует, что равные отношения величины раздражителей приводят также к равным отношениям величин ощущений. Возможно, что именно поэтому, рассматривая одну и ту же картину на солнце, а затем в тени, мы не замечаем изменения в относительной

80

светлоте ее частей. Этот же феномен следует из законов Бугера-Вебера и Фехнера, предполагающих постоянство относительной разностной чувствительности.

Рассматривая степенные или логарифмические психофизические шкалы не следует забывать, что всякое ощущение зависит не от одной, а от многих физических переменных. Поэтому задача шкалирования ощущений становится задачей создания многомерных психофизических шкал.

Например, одним из основных качеств зрительных восприятий служит цветовой тон, который обычно считается зависящим от длины волны электромагнитного излучения, раздражающего сетчатку. Интенсивность излучения определяет видимую яркость (светлоту) цвета. Однако сказанное верно лишь в первом приближении. Так, цветовой тон зависит не только от длины волны, но и от интенсивности света. За исключением нескольких неизменных цветов спектра (соответствующих желтому, зеленому и синему цветам), все цвета тем или иным образом меняют свой тон при изменении интенсивности. Это явление называется, по имени открывших его в середине прошлого века немецких ученых, эффектом Бецольда-Брюкке. Он может быть проиллюстрирован

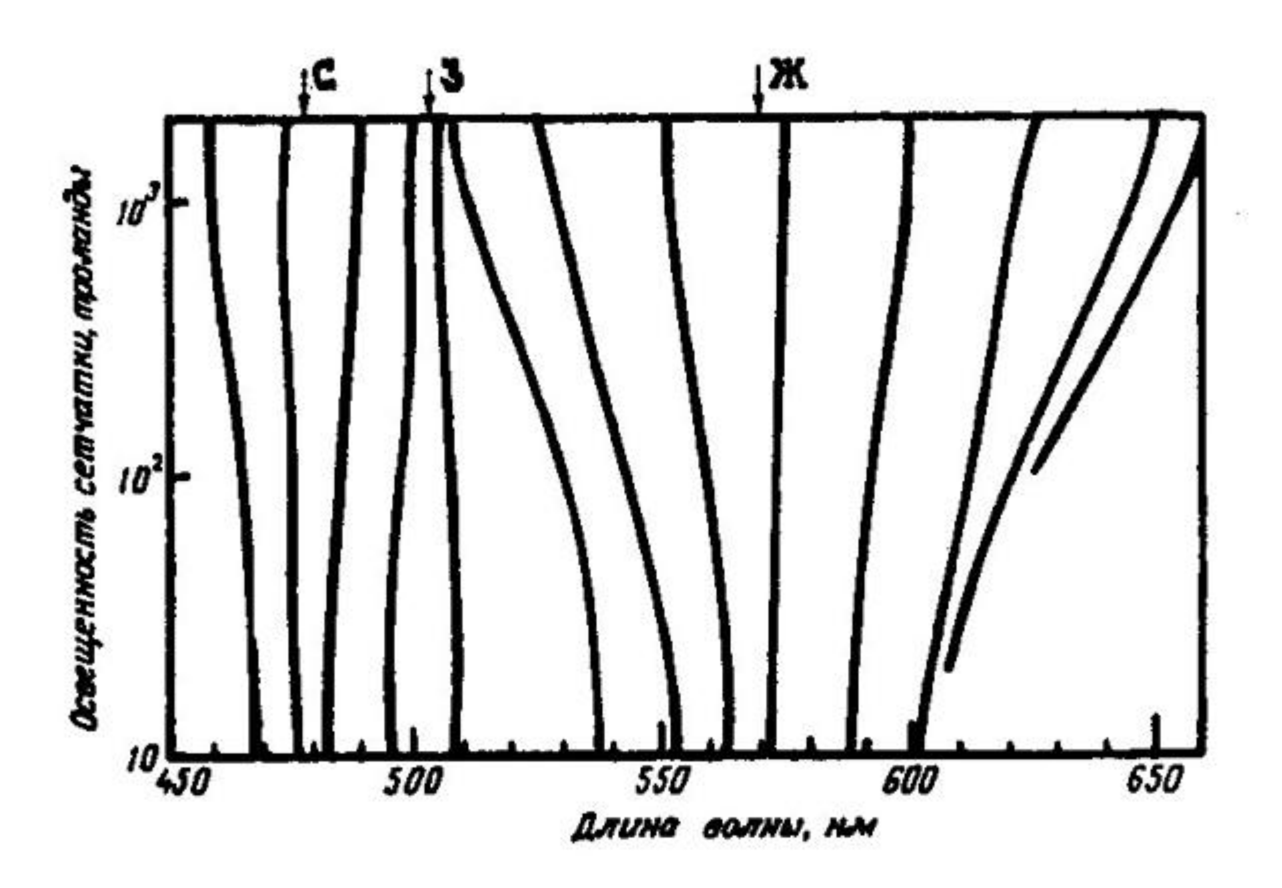


Рис. 18. Эффект Бецольда-Брюкке (по Д. М. Парди, 1937).

Кривые показывают, каким образом надо менять длину световой волны при изменении ее интенсивности, чтобы воспринимаемый цветовой тон оставался неизменным.

81

графиком, показывающим, какие комбинации интенсивности (в квантах) и длины волны (в нанометрах) дают субъективно неизменные цветовые тона (рис. 18).

Аналогично и воспринимаемая яркость является функцией тех же физических переменных. Поверхностного взгляда на различные цвета достаточно, чтобы убедиться в различии видимой яркости отдельных длин волн, даже если их энергия одинакова. При дневном освещении более яркими кажутся тона, сдвинутые к длинноволновой, красной части спектра. В сумерках же кривая спектральной чувствительности сдвигается в сторону коротковолнового конца видимого спектра (рис. 19). В этом случае наблюдается потемнение красного и высветление синего тонов. Это явление носит имя открывшего его чешского физиолога Яна Пу́ркинье

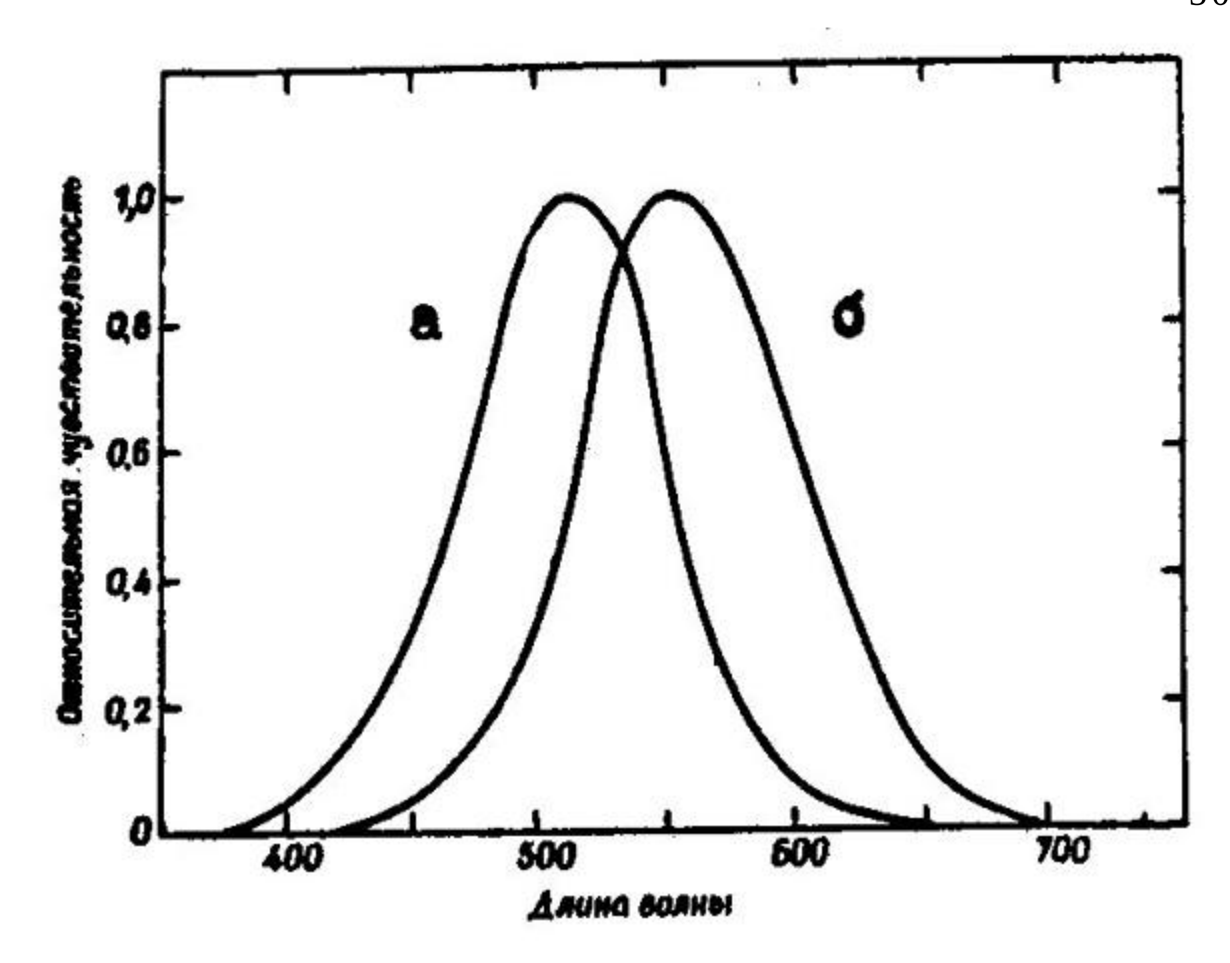


Рис. 19. Кривые спектральной чувствительности глаза в темноте (а) и на свету (б).

Воспринимаемые характеристики звука также зависят сразу от нескольких физических параметров. Например, высота звука определяется не только частотой, но и интенсивностью физического колебания. При увеличении интенсивности высокочастотного колебания звук кажется еще выше, низкочастотного — ниже (рис. 20). Путем варьирования интенсивности и частоты можно получить и другие

82

звуковые ощущения (см. главу V, раздел 2).

Важно отметить, что в столь явной форме зависимость цветов и звуков от многих переменных была получена лишь для чистых тонов в искусственных условиях психофизического эксперимента. Музыкальные звуки и цвета предметов оказываются в высокой степени независимыми от изменения физических условий раздражения. В то же время многомерность психофизических шкал представляется элементарным условием возникновения константности — величина ощущения может оставаться постоянной, если изменение величины одного физического параметра раздражения будет компенсировано соответствующим изменением другого.

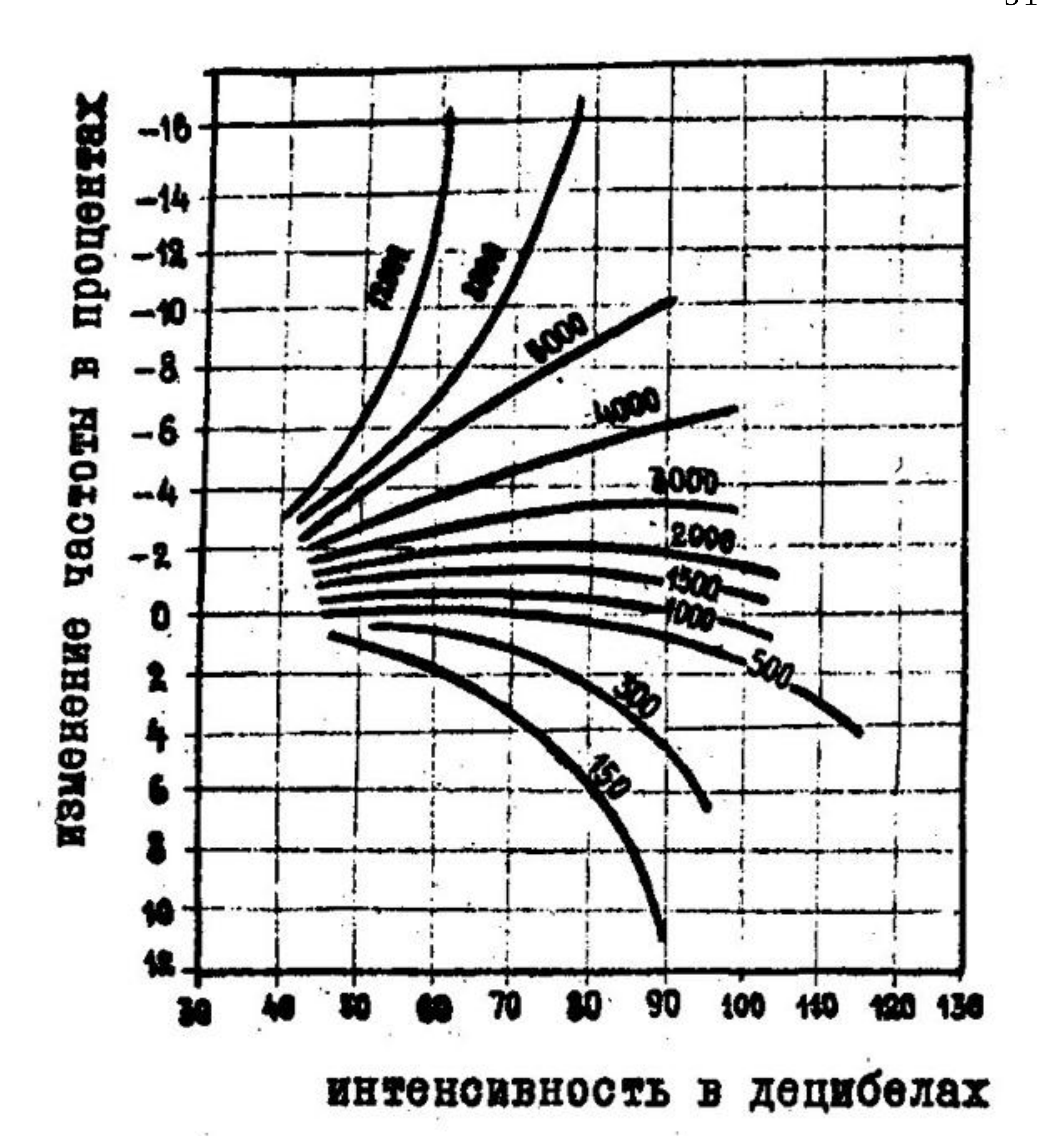


Рис. 20. Связь высоты звука с интенсивностью звукового сигнала. Кривые показывают, как надо менять частоту сигнала при увеличении его интенсивности, чтобы воспринимаемая высота оставалась неизменной. Над каждой кривой указана исходная частота сигнала в герцах (по С. С. Стивенсу, 1936).

83

3. Адаптация и сенсибилизация

Измеряемые с помощью психофизических методов количественные отношения между интенсивностью раздражителя и величиной ощущения не остаются постоянными. В

зависимости от условий, в которых осуществляется восприятие, происходит изменение как абсолютной, так и разностной чувствительности.

Важнейшим фактором, определяющим уровень чувствительности, является интенсивность действующих на организм раздражителей. Например, изменение освещенности предметов в течение суток настолько значительно, что будь чувствительность глаза неизменной, человек либо оказывался слепым на ярком солнечном свете, либо был совершенно неспособен к восприятию в сумерках. Этого не происходит потому, что в условиях недостаточной освещенности абсолютная зрительная чувствительность обостряется, а на ярком свету — снижается. Подобное приспособительное изменение чувствительности в зависимости от условий среды называется адаптацией.

Возможный диапазон изменений чувствительности в ходе адаптации очень велик. Известно, например, что при переходе от дневного к сумеречному зрению абсолютная зрительная чувствительность к яркости раздражителей повышается более чем в 27 270000 раз (темновая адаптация). Такие же изменения чувствительности обнаружены и для слуха: высокая интенсивность акустических сигналов приводит к снижению слуховой чувствительности, при восприятии слабых звуков она, напротив, резко обостряется.

В основе процесса адаптации по современным представлениям лежит значительное число периферических и центральных психофизиологических реакций. Рассмотрим их на примере относительно хорошо изученной зрительной темновой и световой адаптации.

К периферическим механизмам световой и темновой адаптации относится прежде всего процесс разложения и восстановления светочувствительного пигмента сетчатки — родопсина. Под действием света родопсин разлагается, а в темноте — восстанавливается, что вновь приводит к обострению чувствительности. Подробный анализ изменения

84

абсолютной чувствительности в зависимости от количества родопсина был дан отечественным физиологом П. П. Лазаревым.

Другой периферической реакцией, получившей, правда, значительное развитие только у беспозвоночных, является механизм пигментной защиты или так называемый ретино-моторный эффект. При переходе к яркому свету гранулы темного пигмента, находящиеся в сетчатке, перемещаются к наружному светочувствительному слою и образуют своеобразный экран, защищающий рецепторы от излишнего света.

Третьим механизмом адаптации является переключение зрения в темноте с малочувствительных рецепторов дневного зрения — колбочек на высокочувствительные рецепторы сумеречного зрения — палочки (см. стр. 110).

Четвертый механизм адаптации связан с изменением площади рецептивных полей — числа активных рецепторов сетчатки. Действие этого механизма заключается в усилении на свету тормозных взаимодействий между элементами сетчатки, в результате чего число активных рецепторов снижается. В темноте тормозные влияния снимаются и число активных рецепторов резко увеличивается. В изучение этого явления, получившего название "мобильности сетчатки", внесли большой вклад советские ученые П. Г. Снякин и В. Д. Глезер.

Наконец, в адаптационном изменении чувствительности к свету участвует зрачковый рефлекс, замыкающийся на уровне стволовых образований мозга. В условиях высокой освещенности зрачок сужается, а в темноте — вновь расширяется. Площадь зрачка меняется при этом в 15—17 раз и соответственно изменяется световой поток, доходящий до сетчатки.

Центральные механизмы адаптации, общие для всех перцептивных систем, связаны, главным образом, с ориентировочной реакцией. Возникая в ответ на предъявление нового раздражителя, ориентировочная реакция приводит к мобилизации центральных нервных аппаратов и повышению чувствительности. Наоборот, привыкание к повторяющемуся раздражителю сопровождается угасанием

85

ориентировочной реакции и снижением абсолютной чувствительности.

К числу адаптационных изменений относят также изменение воспринимаемой интенсивности постоянного по величине раздражителя, длительное время воздействующего на анализатор.

В возникновении этого эффекта играют роль как центральные факторы в виде угасающей ориентировочной реакции, так и периферические факторы в виде адаптации рецепторов (см. стр. 43,стр. 68 и д.).

Было бы, однако, неверным связать этот вид адаптации с приспособительным изменением абсолютной чувствительности, так как она в этих случаях, как правило, значительно снижается. Например, мы не ощущаем прикосновения одежды к телу, если только она не беспокоит нас; в течение нескольких минут перестает восприниматься запах в помещении; фиксируя окрашенную поверхность, довольно быстро можно заметить, что яркость и насыщенность цветового тона постепенно уменьшаются и т. д. В то же время, как показывают данные австрийского психолога И. Колера (1966), параллельно с уменьшением абсолютной чувствительности идет процесс увеличения разностной чувствительности. При фиксации окрашенной поверхности за первые 90 секунд разностная чувствительность к изменению цвета возрастает на 60%.

Таким образом, изменение абсолютной чувствительности — не единственный показатель адаптации. Другим, возможно более важным показателем, является изменение разностной чувствительности. К сожалению, эти компоненты адаптации изучены в настоящее время значительно более слабо, чем динамика абсолютной чувствительности.

> Возникает вопрос, почему увеличение разностной чувствительности сопровождается столь явным падением абсолютной? Можно предположить, что это связано с формой психофизических шкал. В самом деле, идет ли речь о логарифмических или о степенных шкалах (с экспонентой меньшей 1), участок, прилегающий к нижнему абсолютному порогу, является также областью с максимальной разностной чувствительностью. Кривая в этом месте наиболее крутая, и, следовательно, достаточно сравнительно небольшого изменения величины раздражителя, чтобы вызвать

86

> заметное изменение ощущения. Поэтому любое приспособительное смещение участка психофизической шкалы с максимальной разностной чувствительностью к величине действующего раздражителя приблизит к нему также нижний абсолютный порог. В результате разностная чувствительность к изменениям раздражителя обострится, а его воспринимаемая интенсивность уменьшится.

В конце прошлого века немецким психологом Г. Э. Мюллером был предложен метод абсолютных оценок, также позволяющий изучать влияние адаптации на воспринимаемую величину раздражителя. Этот метод отличается от методов определения порогов и шкалирования ощущений. Так, если при определении разностного порога необходимо найти раздражитель, вес которого едва заметно отличается от веса эталона, а во время шкалирования ощущений ищется груз, вес которого в заданное число раз больше веса эталонного раздражителя, то в случае метода абсолютных оценок используется гораздо более общая форма вопроса: необходимо найти груз, вес которого кажется ни легким, ни тяжелым.

Как показали исследования, величина определяемого таким образом нейтрального раздражителя меняется в зависимости от того, какие раздражители сравниваются между собой. Если поиск производится среди тяжелых грузов, то и нейтральный раздражитель будет относительно тяжелым. Поэтому американский психолог Г. Хелсон (1947) назвал нейтральный раздражитель уровнем адаптации. Ему удалось показать, что уровень адаптации равен среднему геометрическому величин раздражителей, с которыми имеет дело наблюдатель. Добавляя к исходному набору раздражителей новые, большей или меньшей величины, можно получить закономерное повышение или снижение уровня адаптации.

Очень важную разновидность адаптационных эффектов открыл советский психолог Д. Н. Узнадзе (1931). В его экспериментах испытуемому от 10 до 20 раз предъявлялись в одних и тех же участках поля зрения два различных по величине объекта, например, большой и маленький квадрат. Затем неожиданно показывались два равных квадрата. Подавляющее большинство испытуемых сообщало в этом случае, что квадрат, предъявляемый на месте меньшего, кажется им больше. На основании этого и других подобных опытов можно сделать вывод, что перцептивные оценки в известной

87

степени определяются выработанным, на основании непосредственно предшествующих восприятий состоянием готовности воспринимать тот, а не иной объект. Это было названо Д. Н. Узнадзеустановкой.

Все виды изменения чувствительности, зависящие не от внешних условий, а от внутреннего состояния организма. Обычно эти изменения носят характер обострения чувствительности и поэтому их называют сенсибилизацией.

Можно выделить две основные формы сенсибилизации. Одна из них связана с действием физиологических факторов, а другая — с влиянием задач, стоящих перед субъектом и мобилизующих активность его восприятия.

К числу физиологических факторов изменения чувствительности относится прежде всего возраст субъекта. На ранних этапах онтогенеза она относительно низка. Процесс повышения чувствительности продолжается до 20—30 лет, после чего ее острота вновь снижается.

Вторым фактором, вызывающим стойкие изменения чувствительности, являются эндокринные сдвиги. Известно, например, что беременность обостряет вкусовую и обонятельную чувствительность и приводит к снижению зрительной и слуховой.

Исследования Б. М. Теплова и его сотрудников показали, что величина чувствительности является типологическим признаком, определяемым основными свойствами нервной системы. В частности оказалось, что у людей со слабым типом нервной системы чувствительность выше, чем у людей с сильным типом. Чувствительность также по-разному меняется в процессе утомления.

Экстренные сдвиги чувствительности можно получить с помощью фармакологических средств. Такие вещества как кофеин, фенамин, адреналин приводят к снижению абсолютных порогов. Введение других веществ, например, пилокарпина, повышает абсолютные пороги.

К сенсибилизации приводит также раздражение других органов чувств. Это явление, близкое к явлению синестезии (см. стр. 56), было подробно изучено советским физиологом С. В. Кравковым. Проведенные им исследования показали, в

88

частности, что звуковые раздражители повышают абсолютную и разностную чувствительность зрительного восприятия "холодных" — голубого и зеленого — цветовых тонов и снижает ее по отношению к "теплым" тонам — красному и желтому. Чем сильнее раздражитель, тем выраженнее этот эффект. В свою очередь слабые световые раздражители обостряют слуховую чувствительность. Известны факты повышения зрительной, слуховой, тактильной и обонятельной чувствительности под влиянием слабых болевых раздражителей.

Интересно, что сенсибилизация возникает даже под влиянием раздражителей, величина которых попадает в субсенсорный диапазон (см. стр. 69 и д). Так П. П. Лазарев обнаружил снижение абсолютных зрительных порогов под влиянием облучения кожи ультрафиолетовыми лучами.

Сенсибилизирующее влияние задачи, стоящей перед субъектом, связано с приобретением раздражителем определенного сигнального значения. В простейшей форме этот процесс выступает при условно-рефлекторном изменении чувствительности.

Такое условно-рефлекторное изменение чувствительности было, например, показано в опытах А. О. Долина, посвященных так называемым фотохимическим рефлексам.

Исходным для этих опытов был тот факт, что засвет глаза приводит к временному падению чувствительности. Однако, как показали опыты, если засвет глаза сочетать с каким-либо нейтральным раздражителем, например, звуком, то в дальнейшем изолированное предъявление звука может приводить к такому же изменению чувствительности, к какому раньше приводил засвет. А. О. Долину удалось также показать, что даже предъявление одного слова "свет" или близкого к нему по значению слова "пламя" может условно-рефлекторным путем изменить чувствительность глаза.

Обострение чувствительности к раздражителям, имеющим сигнальное значение, многократно отмечалось и другими исследователями. В опытах, проведенных Г. В. Гершуни и его сотрудниками, испытуемому предъявлялись два

89

относительно сильных световых раздражителя, между которыми иногда появлялась слабо освещенная точка. Освещенность этой точки была настолько незначительной, что она не воспринималась испытуемым. Однако, достаточно было начать сопровождать предъявление этой точки болевым раздражителем, чтобы она стала восприниматься.

В филогенезе жизненно важные раздражители, сигнализирующие о биотических факторах среды, воспринимаются организмом с наибольшей отчетливостью. Известно, что животные одного вида, но живущие в разных условиях, чувствительны к совершенно различным раздражителям. Так, например, домашняя утка чувствительна к растительный запахам, а кобчик, питающийся животной пищей, к гнилостным. С другой стороны, общий принцип ориентации в пространстве — эхолокация, обусловил развитие одинаково высокой чувствительности к ультразвуковым колебаниям у дельфинов и летучих мышей.

Развитие разнообразных форм чувствительности в онтогенезе человека также определяется требованиями действительности. В исследовании Т. В. Ендовицкой, проведенном в лаборатории А. В. Запорожца, было показано, что острота зрения зависит от места обнаружения сигнала в структуре игровой деятельности. В двух сериях этих опытов ребенок 5—6 лет должен был определить положение разрыва в кольце Ландольдта (см. стр. 116). Если в первой серии успешность ответа не имела никакого значения для игровой деятельности ребенка, то во второй серии местоположение разрыва было сигналом того, из какой дверцы выедет игрушечный автомобиль. Обнаружение разрыва становилось в этом случае перцептивным действием, включенным в игровую деятельность. Это приводило к значительному увеличению остроты зрения — так если в первой серии дети различали положение разрыва, когда кольцо было отодвинуто в среднем на 250—260 см, то во второй серии это расстояние увеличивалось до 300—310 см.

Не менее убедительны данные, свидетельствующие об изменениях восприятия, происходящих под влиянием задач, ставящихся теми или иными профессиями. Оператор радиолокационной станции, безошибочно определяющий направление и скорость одной из множества движущихся по экрану целей, или дегустатор, способный определить не только сорт винограда, из которого сделано вино,

90

но и место, в котором он вырос — все эти примеры показывают, что придавая значение отдельным сторонам раздражителя, выделяя характерные признаки ситуации, человек способен в значительной степени управлять своей чувствительностью.

91

IV. ЗРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Зрение позволяет человеку улавливать световые колебания и тем самым воспринимать предметы, расположенные на далеком расстоянии. Оно относится к числу наиболее важных видов дистантной рецепции. Зрительный аппарат развивается в филогенезе довольно поздно. Если у некоторых беспозвоночных его еще нет вовсе, а у отдельных позвоночных он уступает по значению обонятельному рецептору, то у высших млекопитающих (высшие обезьяны) и особенно у человека зрение начинает играть ведущую роль, и зрительное отражение предметного мира становится важнейшей формой отражения действительности.

Рассмотрим сначала строение аппаратов зрительной рецепции, чтобы затем перейти к детальному анализу основных законов функциональной организации зрительной системы.

1. Анатомо-физиологические основы зрения

Зрительный анализатор представляет собой сложную, включающую ряд последовательных уровней, систему физиологических механизмов. У наиболее примитивных организмов фоторецепторы распределены по всему телу или сосредоточены с обеих сторон переднего конца тела, образуя светочувствительные пластинки (рис. 21, а, б). Глаз человека имеет вид подвижного полого

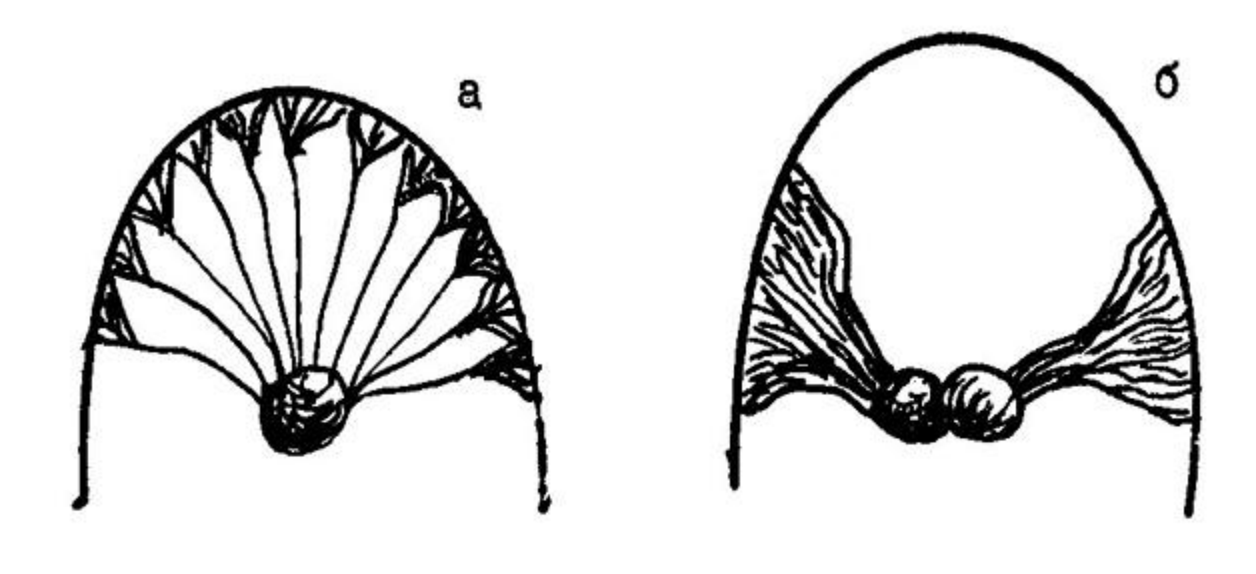


Рис. 21. Этапы развития глаза.

92

шара, покрытого спереди прозрачной оболочкой — роговицей, и с небольшим зрачковым отверстием, через которое проникают световые лучи (рис. 22). Зрачок отделен от внутренней среды глаза прозрачной линзой — хрусталиком. Кривизна хрусталика изменяется с помощью внутренних мышц глаза, что обеспечивает разумное преломление света, давая возможность поступающим лучам точно доходить до выстилающей заднюю стенку глаза сетчатой оболочки.

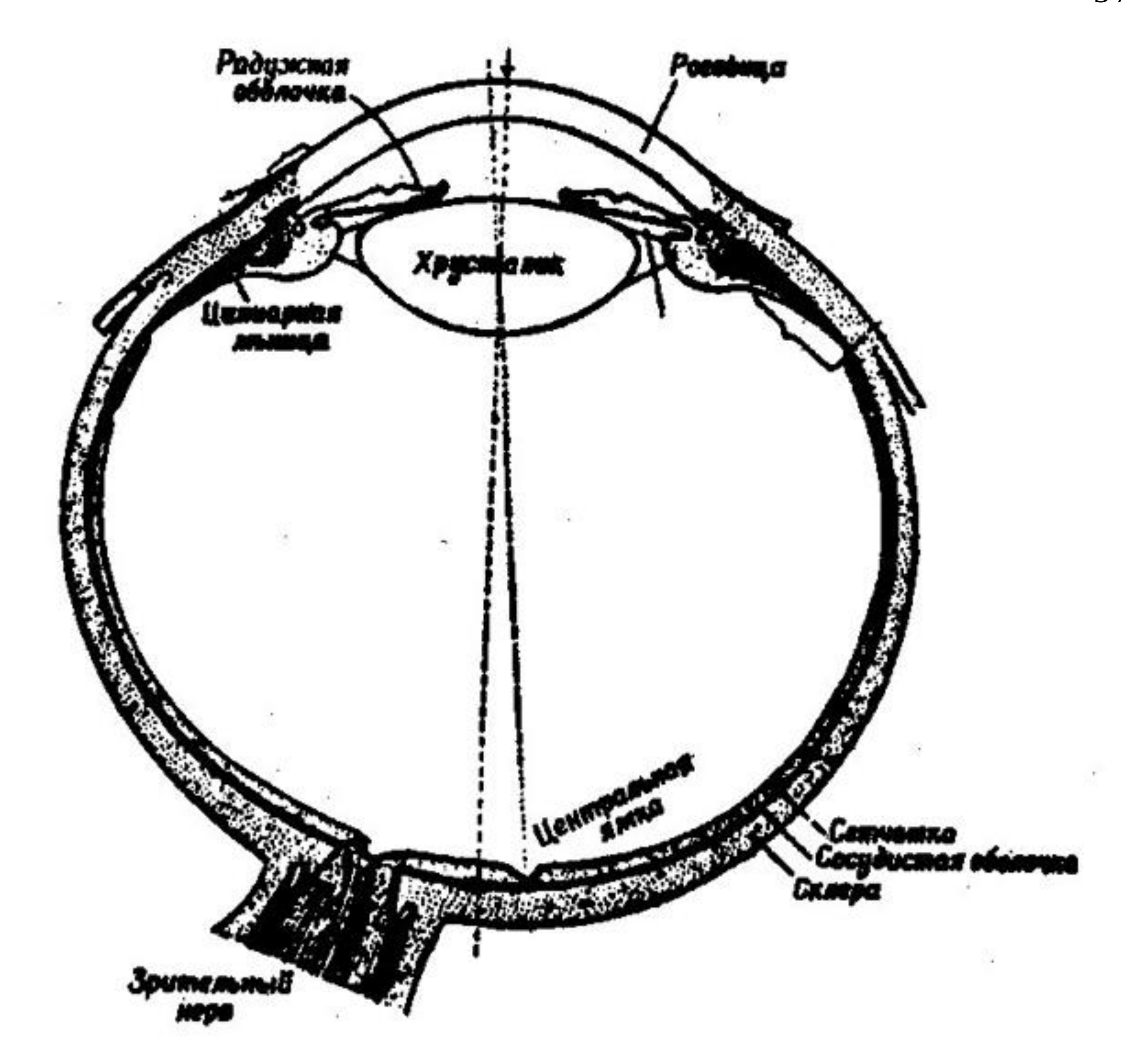


Рис. 22. Строение глаза

Сетчатая оболочка, или просто сетчатка глаза, представляет собой сложный нейронный аппарат, состоящий из нескольких слоев нервных клеток. Многие авторы с полным основанием расценивают ее как кусочек мозговой коры, вынесенной наружу (рис. 23).

Внешний слой сетчатки состоит из большого числа фоторецепторов, в состав которых входят специальные пигменты, например, зрительный пурпур. Разложение этих пигментов под действием фотонов света дает начало целой серии фотохимических реакций, приводящей к возникновению нервного возбуждения.

Различают два вида светочувствительных клеток: палочки (рецепторы ночного и сумеречного зрения) и колбочки (рецепторы дневного зрения).

93

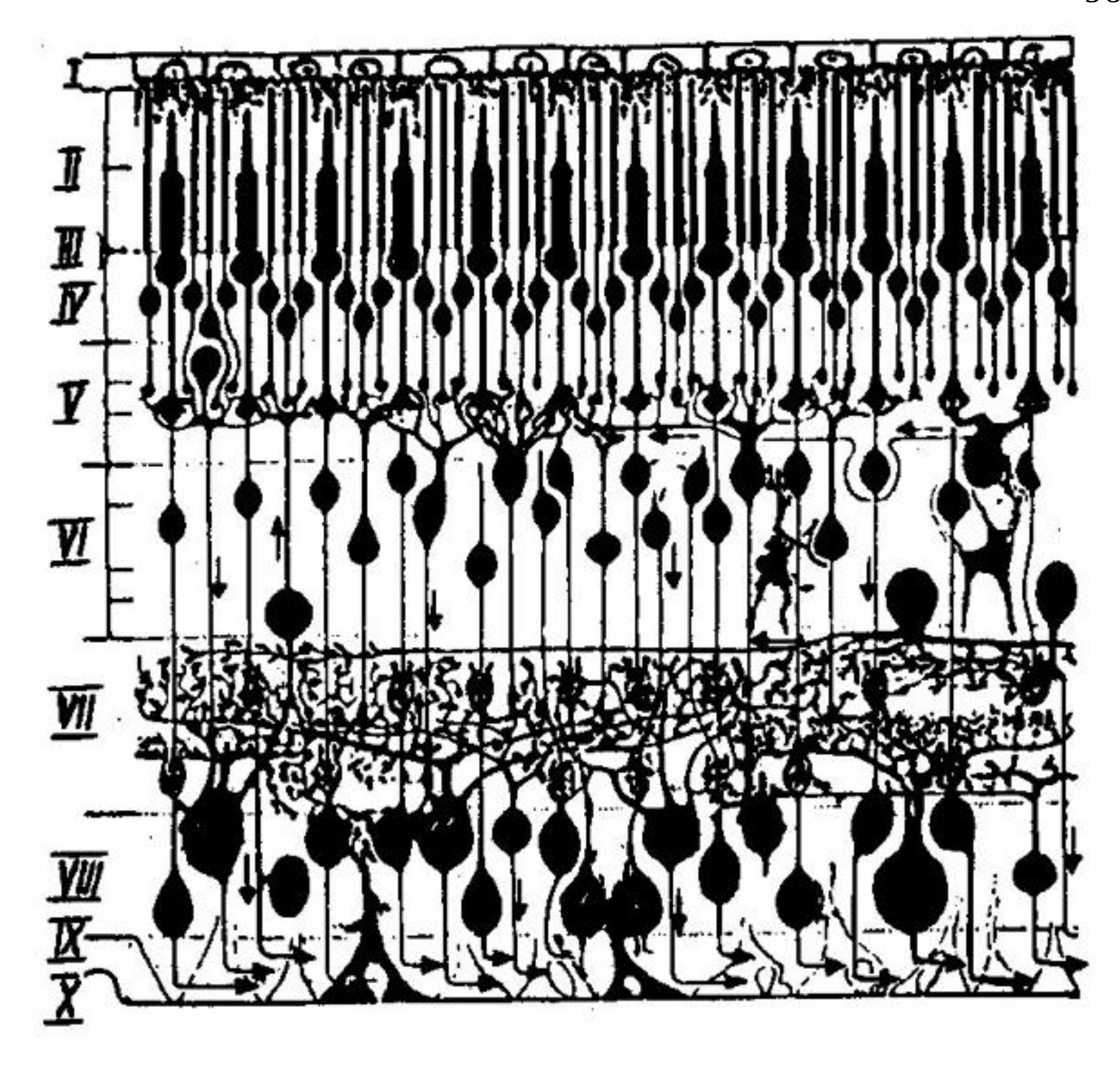


Рис. 23. Срез через сетчатку глаза.

В сетчатке находится около 130 миллионов палочек, которые рассеяны по всей ее поверхности. Они обладают высокой чувствительностью, т. к. содержащийся в них пигмент родопсин способен тонко реагировать на любые световые лучи, вызывая активацию сенсорных волокон. Колбочки находятся в сетчатке в гораздо меньшем количестве: их насчитывается до 7 миллионов. Они сосредоточены в центральных участках сетчатки, образуя область наилучшего видения или фовеа (рис. 24). Колбочки обладают относительно низкой чувствительностью, но зато содержащиеся в них пигменты могут избирательно реагировать на световые лучи различной длины, обеспечивая дневное или цветовое зрение. В силу того, что колбочки расположены лишь в центральной части сетчатки, мы можем различать цвета только в центральных участках поля зрения, на периферии зрительного поля удается различить лишь различные градации яркости, но не цвета объектов.

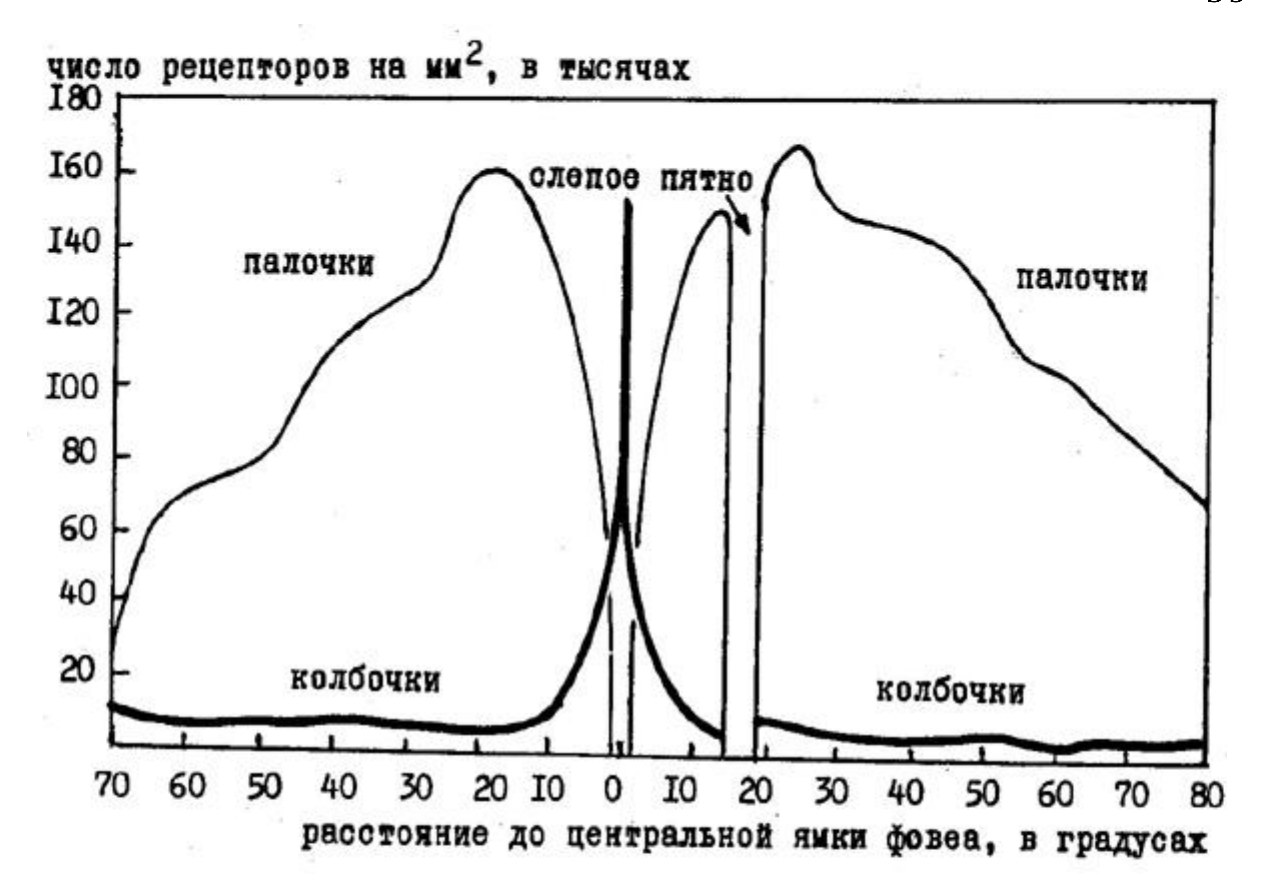


Рис. 24. Плотность распределения палочек и колбочек по поверхности сетчатки

Палочки и колбочки расположены в наружных слоях сетчатки (II—IV). Внутренние слои сетчатки (V—VIII) состоят из различного типа нейронов, по строению близких к тем, которые можно видеть в коре головного мозга. Они обеспечивают передачу и первичную обработку возникающего в рецепторах нервного возбуждения. Временную развертку соответствующих электрических процессов можно записать наложив один электрод на роговицу глаза, а другой установив на
95 виске в виде ретинограммы (рис. 25).

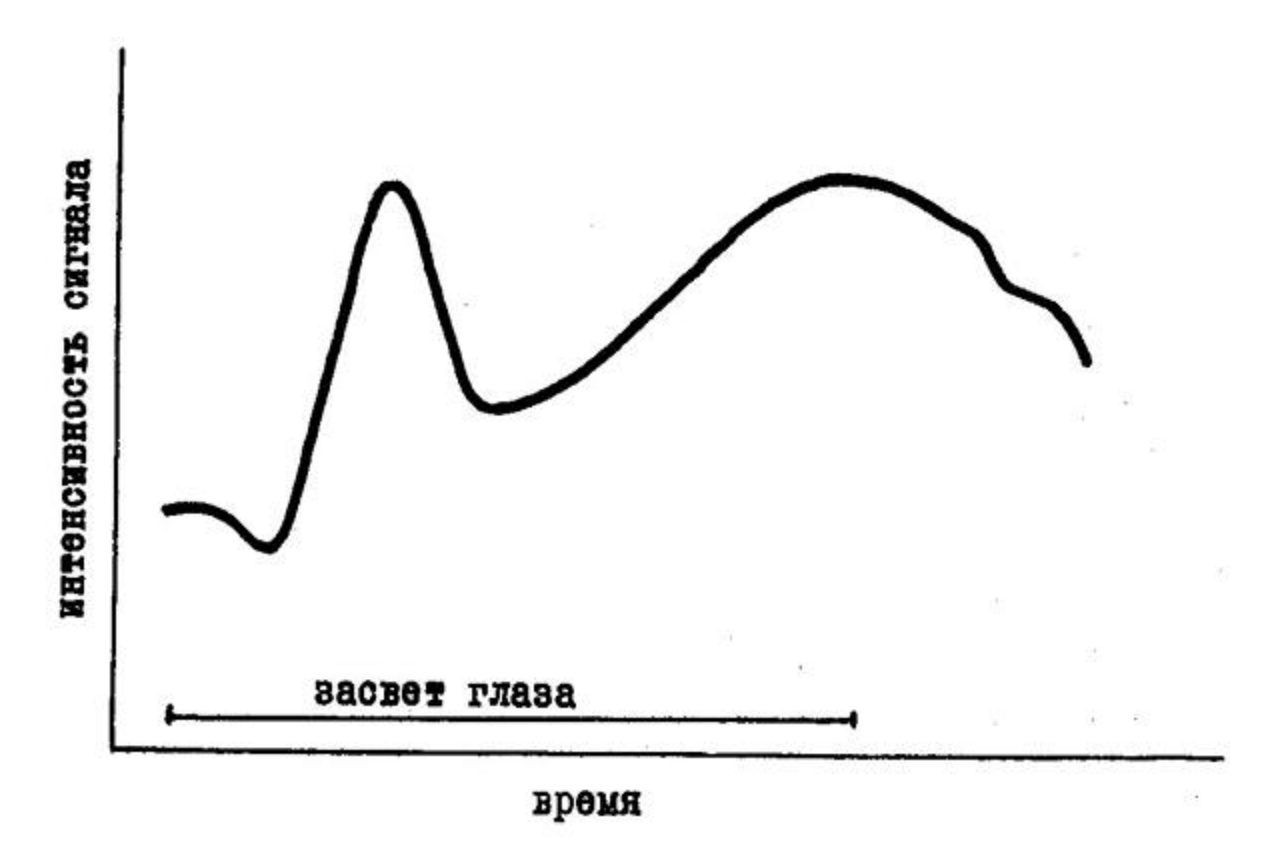


Рис. 25. Электроретинограмма человека

Нейроны внутренних слоев сетчатки выполняют различные функции. Одни из них, называемые биполярным клетками (VI), принимают и передают дальше возбуждения от групп соседних рецепторов. Количество рецепторов возбуждения, от которых суммируются на одном биполяре, или, как часто говорят, площадь рецептивного поля биполярной клетки зависит от их местоположения. В области фовеа каждая биполярная клетка обслуживает одну или всего лишь несколько колбочек. На периферии сетчатки на один биполяр приходятся десятки и сотни рецепторов. В отличие от биполяров, так называемые горизонтальные клетки (VI—VII), обладают мощным горизонтально расположенным дендритным аппаратом, позволяющим объединять или тормозить возбуждения, возникающие в разных группах рецепторов и биполярных клеток. Нейроны третьего типа — ганглиозные клетки (VIII) — не имеют непосредственных контактов с рецепторами. Они обеспечивают трансляцию зрительной информации в центральные отделы мозга.

96

Наконец, среди нервных клеток сетчатки имеются амакринные клетки (VI—VII), дендриты которых обращены к внутренним, а аксоны — к наружным слоям сетчатки. Благодаря этим особенностям строения амакринные клетки проводят возбуждения не от рецепторов к более высоким отделам нервного аппарата, а в обратном направлении. Поэтому они являются механизмами, позволяющими передавать установочные влияния центральных отделов нервной системы на светочувствительную периферию.

Приведенные данные дают основание для того, чтобы считать сетчатку глаза сложным рефлекторным прибором, обеспечивающим уже на периферии зрительной системы первичную переработку оптической информации.

Сетчатка глаза представляет собой периферический аппарат зрительной системы. Аксоны ганглиозных клеток, объединяясь образуют зрительный нерв. Он выходит из глаза недалеко от его центральной части. В месте выхода зрительного нерва сетчатка, естественно,

не имеет светочувствительных клеток и поэтому оно представляет собой своеобразное "слепое пятно", не отвечающее на световые раздражители. Убедиться в этом нетрудно, если правым глазом фиксировать изображенный на рис. 26 крест. В какой-то момент можно заметить, что один из двух кругов сбоку от креста частично или полностью исчез: это означает, что его проекция попала на место выхода зрительного нерва — на "слепое пятно".

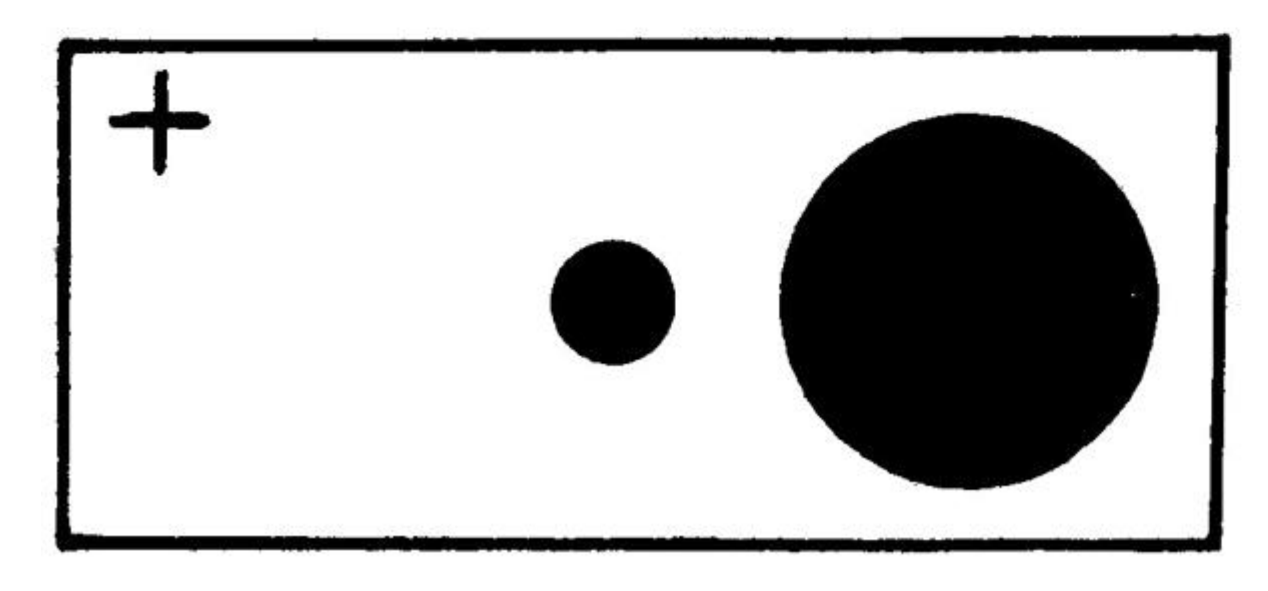


Рис. 26. "Слепое пятно" (см. текст).

97

После выхода из сетчатки глаза зрительный нерв проходит по пути, схематически изображенному на рис. 27. (Монокулярные поля зрения для удобства показаны на этом рисунке раздельно, хотя в действительности они накладываются друг на друга так, что их вертикальные оси совпадают). Сначала зрительные нервы обоих глаз идут порознь; затем они пересекаются. Это место называется перекрестом или хиазмой зрительных нервов. Характерным для строения этого перекреста является тот факт, что волокна, идущие от наружной части сетчатки каждого глаза идут в то же полушарие, а волокна от внутренней части сетчатки каждого глаза — в противоположное полушарие. Поэтому левая половина сетчатки обоих глаз (правая половина монокулярных полей зрения) представлена в левом, а правая половина сетчатки — в правом полушарии. В результате такого строения хиазмы и начинающегося от нее следующего этапа зрительного пути — зрительного тракта — поражения соответствующих разделов зрительного пути (опухолью, кровоизлиянием или травмой) приводят к своеобразным нарушениям зрения: поражение зрительного нерва вызывает слепоту на соответствующий глаз; поражение хиазмы приводит к выпадению обоих наружных полей зрения ("битемпоральная" или височная гимианопсия[x]); поражение одного зрительного тракта — к одностороннему выпадению противоположной половины поля зрения. Эти симптомы имеют большое значение для диагностики топики (расположения) мозговых поражений.

Дальнейшие этапы центрального зрительного пути имеют сложное строение. Сначала зрительный тракт располагается на нижних (базальных) отделах лобной доли; затем он уходит вглубь мозга, отдавая часть волокон к среднему мозгу. Эти волокна заканчиваются в верхних буграх четверохолмия, являющихся элементарным рефлекторным центром зрительной системы. Этот центр играет ведущую роль у низших животных (например, у лягушки), а у человека сохраняет только простейшие функции, регулируя изменения диаметра зрачка и некоторые глазодвигательные рефлексы. Поэтому при поражениях верхнего четверохолмия зрачковый рефлекс выпадает. Основная масса волокон зрительного тракта направляется к

подкорковым зрительным узлам: наружным коленчатым телам, в которых эти волокна пересекаются
98
и откуда начинается последняя часть зрительного пути — так называемое зрительное сияние. Оно веером проходит в глубине височных долей мозга и заканчивается в шпорной борозде затылочной области — первичном отделе зрительной коры.

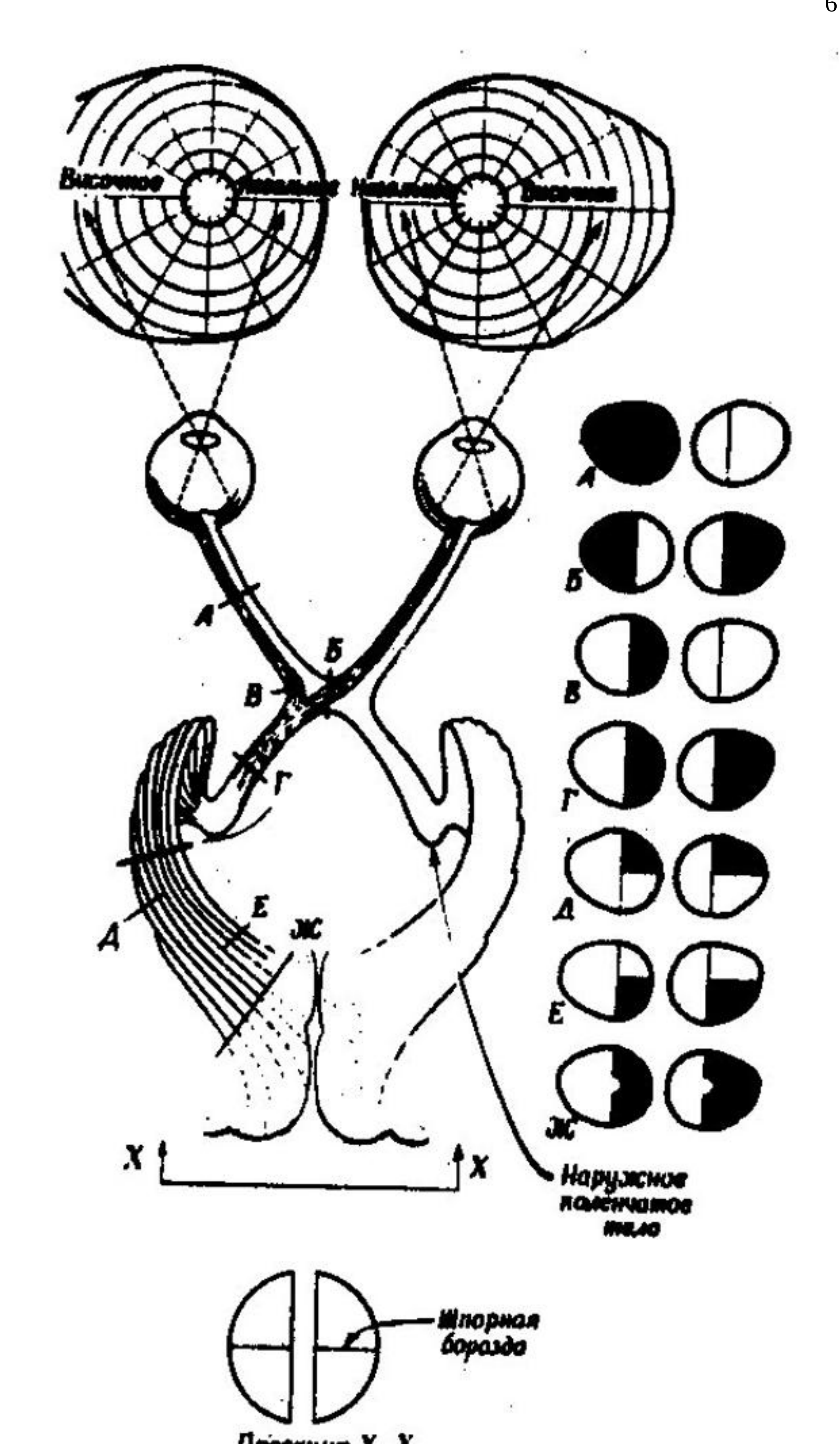

Височное
А
Б
В
Г
Д
Е
Ж
X
X
Наружное
коленчатое
тело
Шпорная
борозда

Рис. 27. Схема зрительных проводящих путей, идущих к левому полушарию (по С. Дейчу, 1969).

Справа темным выделены участки полей зрения, выпадающие при повреждении нервных путей в точках, указанных на схеме слева теми же буквами. А — полная слепота левого глаза; Б — двусторонняя височная гемианопсия; В — односторонняя назальная гемианопсия; Г — правая двусторонняя гемианопсия, возникающая в результате разрушения либо зрительного тракта, либо связей коленчатого тела со шпорной бороздой; Д и Е — гимианопсия правых верхнего и нижнего квадрантов; Ж — правая двусторонняя гемианопсия в результате повреждения обширной области в затылочной доле.

99

Первичные отделы затылочной коры (поле 17-ое Бродмана) представляет собою конечный этап зрительного пути или, как его назвал И. П. Павлов, корковое ядро зрительного анализатора. Оно имеет своеобразное строение, отчетливо отличающее его от прилегающих отделов коры. В толще этого отдела коры особенно развит 4-й (афферентный) слой нервных клеток, в котором заканчиваются волокна зрительного пути. Как показали эксперименты американских физиологов Д. Х. Хьюбела и Т. Н. Визела, многие нейроны этой области отличаются высокой специфичностью: их рецептивные поля реагируют на такие частные признаки предметов, как округлые или острые линии, движение от центра к периферии или от периферии к центру и т. п. (рис. 28). Это дает зрительной коре возможность выделять из доходящей до нее информации огромное число составляющих ее сообщений.

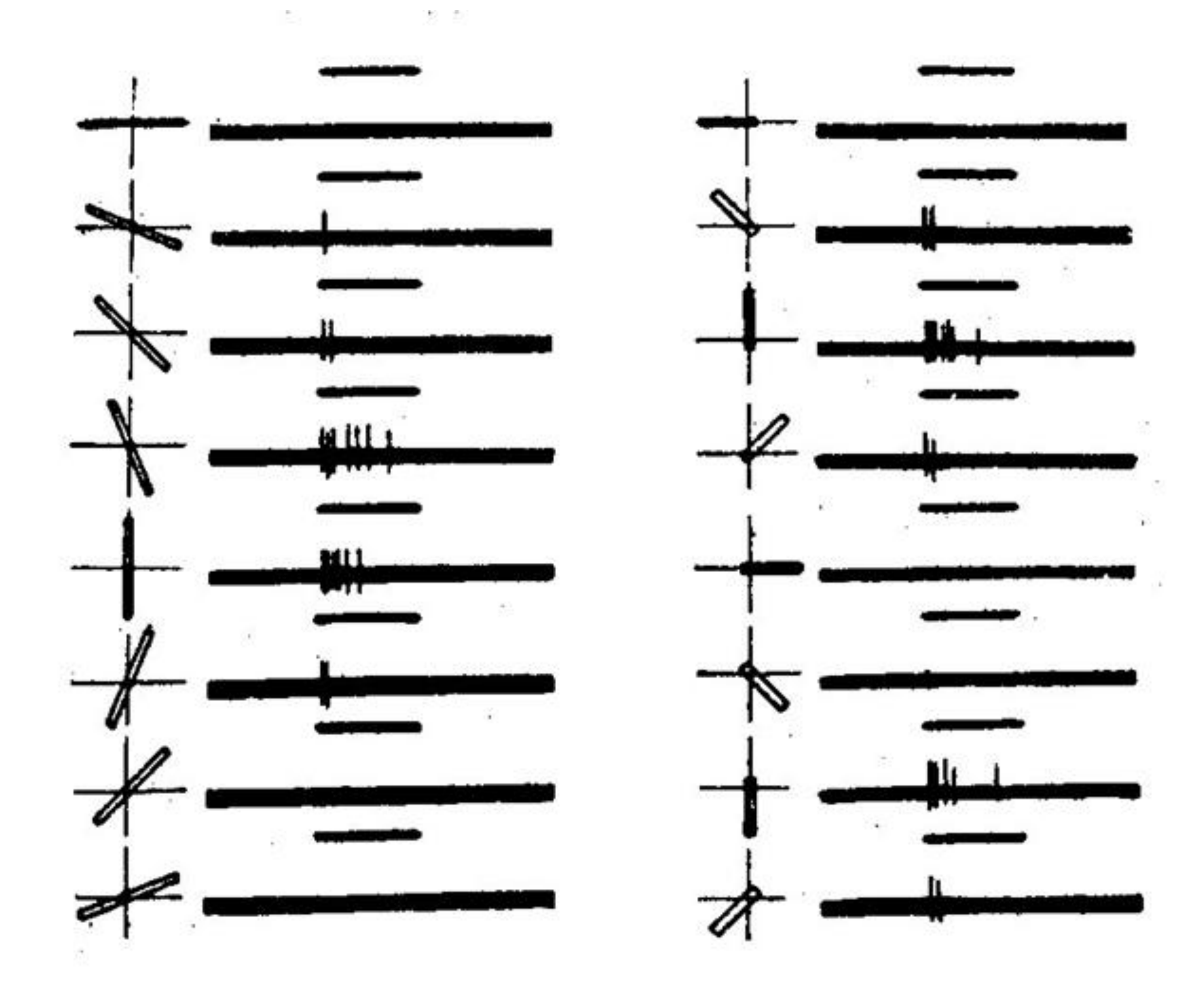


Рис. 28. Детектор ориентации Хьюбела и Визела (по С. Оксу, 1969).
Видно, что частота ответов нейрона максимальна при вертикальной ориентации полоски. Горизонтальное расположение не вызывает ответов, а промежуточное вызывает ответы меньшей интенсивности.

100

Первичные отделы зрительной коры обладали и другим свойством, которое обычно обозначается как сомато-топичность: отдельные участки первичной зрительной коры поточечно представляют отдельные участки сетчатки. Поэтому поражение нижних отделов первичной зрительной коры вызывает выпадение верхних участков полей зрения, а поражение верхних — выпадение нижних отделов полей зрения.

Проекционные отделы затылочной коры являются лишь первым и наиболее простым этапом кортикальной переработки зрительной информации. Над ними надстроены вторичные отделы зрительной коры (поля 18-ое и 19-ое Бродмана). Отличительная особенность их строения заключается в том, что 4-й слой клеток здесь отсутствует и ведущее место начинает занимать 2-й и 3-й слой клеток, основную массу которых составляют клетки с короткими аксонами, которые несут объединяющую, ассоциативную функцию. Именно эти структуры и являются аппаратом, позволяющим объединять фрагментарную информацию, выделяемую клетками первичной зрительной коры, ставить ее под контроль более высоких инстанций мозга и комбинировать в динамические образы окружающих нас предметов.

Эта интегрирующая функция высших отделов зрительной коры с отчетливостью выступает из ряда физиологических и психологических опытов.

Как показал американский физиолог У. Маккаллок, кусочек бумажки, смоченный стрихнином и положенный на первичные отделы зрительной коры, вызывает возбуждение лишь в непосредственно прилегающих к нему тканях. Напротив, раздражение вторичных отделов зрительной коры вызывает или широко распространяющееся возбуждение, которое можно уловить на относительно далёком расстоянии (поле 18-е Бродмана) или торможение по всей прилегающей области (поле 19-е Бродмана)[x)].

Еще больший интерес для психологов представляют результаты психофизиологических опытов с раздражением соответствующих участков мозга.

101

Как показали наблюдения целого ряда неврологов и нейрохирургов (О. Пётцль, 1918, Х. Хофф, 1932, У. Пенфилд, 1950), раздражение первичных отделов зрительной коры, проведенное на операционном столе, вызывало у больных лишь неоформленные галлюцинации (светящиеся точки, шары, языки пламени), в то время как такое же раздражение вторичных отделов зрительной коры приводило к возникновению оформленных, иногда оценоподобных галлюцинаций (звери, люди, бабочки или целые сцены (рис. 29). Эти факты убедительно показывают, что первичные

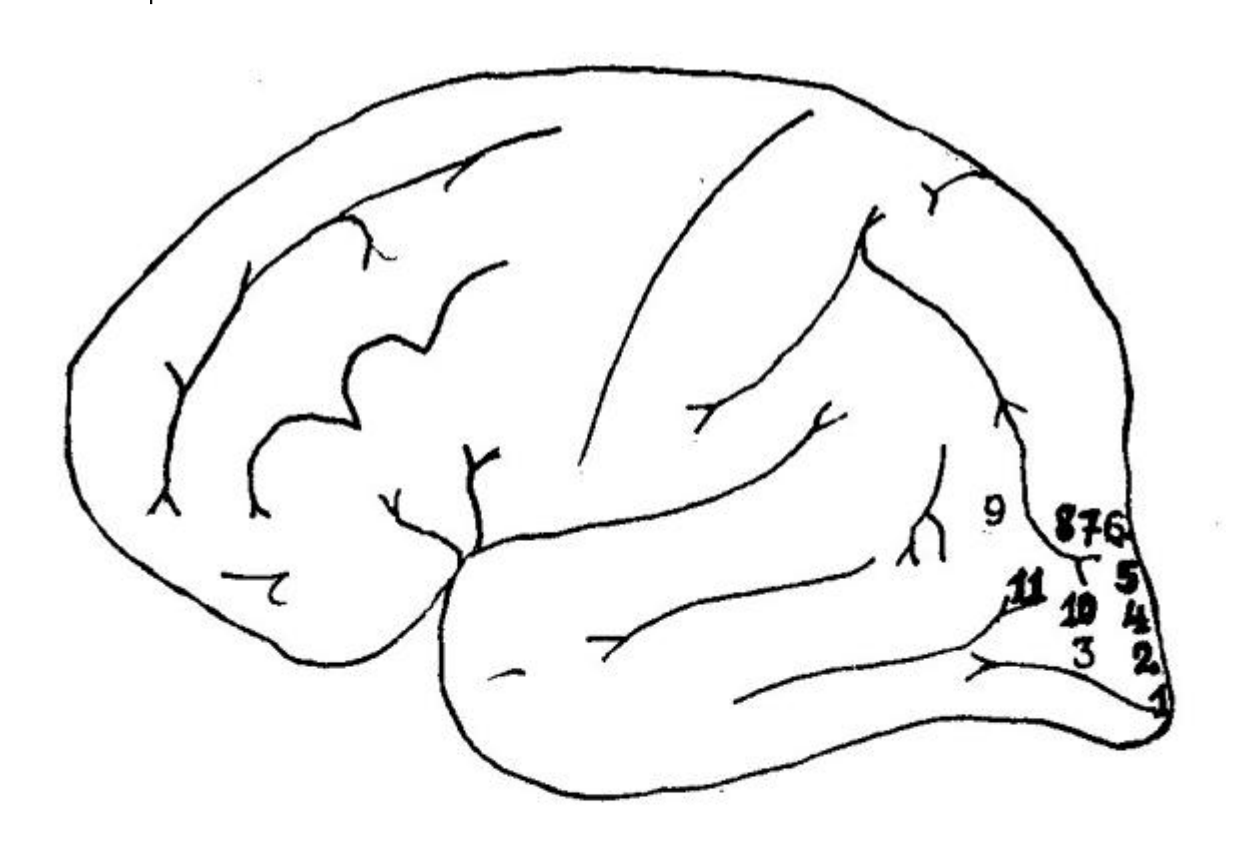


Рис. 29. Схема точек затылочной коры, раздражение которых вызывает зрительные галлюцинации (по О. Пётцлю, Х. Хоффу и др.).

Цифрами обозначены те участки мозговой коры, при раздражении которых возникали следующие зрительные галлюцинации:

1 — "Светящиеся шары".

2 — "Окрашенный свет".

3 — "Белый свет".
4 — "Голубой диск".
5 — "Пламя".
6 — "Голубой туман".
7 — "Лица, звуки голоса".
8 — "Идущий человек".
9 — "Лица".
10 — "Звери".
11 — "Лица и бабочки".

102

и вторичные отделы зрительной коры по-разному участвуют в обеспечении зрительных перцептивных процессов, и что, если первичные отделы лишь выделяют доходящую до коры информацию, то вторичные отделы дают возможность превращать эти сведения в сложные структуры зрительного восприятия. Для изучения той роли, которую играют отдельные участки зрительной коры в процессе получения и переработки зрительной информации большое значение имеют данные нейропсихологических наблюдений, проводимых над больными с локальными поражениями этих зон мозга.

Как правило, поражение первичных отделов зрительной коры вызывает выпадение отдельных участков зрения, но никогда не приводит к распаду зрительного восприятия. Наоборот, поражение вторичных отделов зрительной коры, не вызывая частичных выпадений зрения, сопровождается распадом сложных форм зрительного восприятия. Больной с такими поражениями оказывается не в состоянии объединить воспринимаемые им фрагменты изображения в одно целое. Так, рассматривая рисунок, изображающий очки, он говорит: "кружок и еще кружок, перекладины..., наверное, велосипед?...", пытаясь угадать значение изображенного предмета там, где нормальный человек непосредственно воспринимает его. Эти факты приближают нас к пониманию мозговых механизмов зрительного восприятия. Они показывают, как происходит переработка зрительной информации и какие структуры мозга участвуют в этом сложном процессе.

2. Зрительное восприятие и типы движений глаз

Наблюдения показывают, что глаза человека никогда не остаются неподвижными. Как уже отмечалось, непрестанное движение является необходимым условием построения адекватного образа. Поэтому анализ зрительного восприятия невозможен без учета функционирования его моторного звена.

Подобно сенсорным механизмам зрительной системы, центры, управляющие движениями глаз, представлены на различных уровнях

103

ЦНС. Наиболее древние центры находятся в передних буграх четверохолмия. Они реализуют простейшие глазодвигательные рефлексы. Более высокий уровень глазодвигательного поведения, учитывающий характеристики объекта, возможен при участии глазодвигательных центров, связанных с затылочными долями коры мозга. Наконец, наиболее сложные — произвольные движения осуществляются при помощи структур передних глазодвигательных центров, расположенных в задне-лобных отделах мозга.

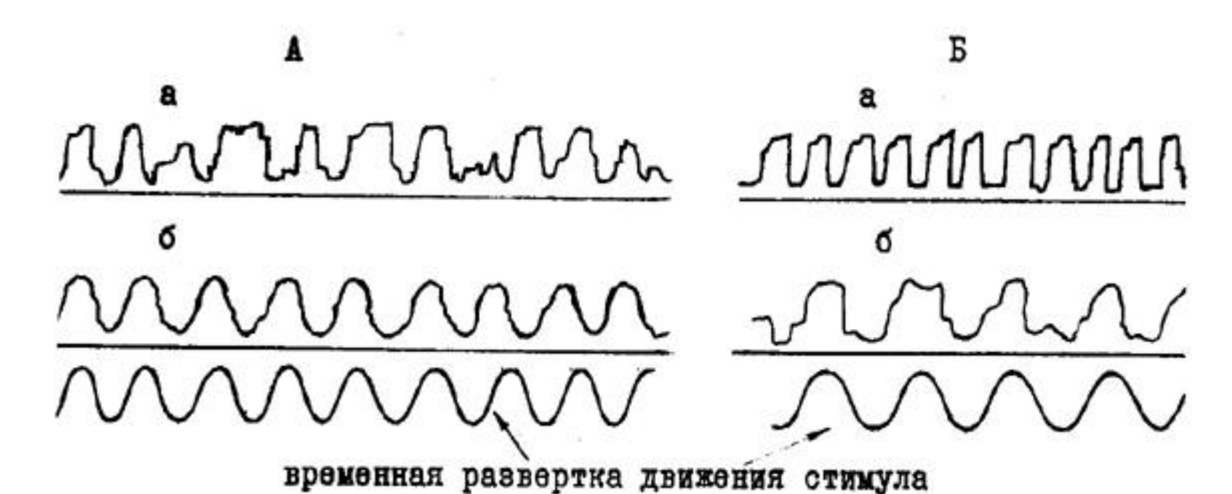


Рис. 30. Движение глаза при произвольном переводе взора (а) и при отслеживании ритмически движущегося светового пятна (б) у больных с поражениями передних (А) и задних (Б) отделов мозга (по Е. Д. Хомской, 1969).

Нейропсихологические исследования, проведенные советскими авторами, показали, что при поражении задних глазодвигательных центров существенно нарушаются пассивные движения глаз, следующие за движущимся предметом, в то время как произвольные движения глаз, совершаемые по речевому приказу (как можно быстрее переводить глаза из крайнего правого в крайнее левое положение и обратно) осуществляются значительно лучше. Наоборот, при поражении передних глазодвигательных центров следящие движения глаз сохраняются, а произвольное передвижение глаз отчетливо нарушается (рис. 30). Эти факты позволяют ближе подойти к важным мозговым

104

механизмам, регулирующим движения глаз и выделить основные факторы, лежащие в их основе.

Периферическую часть глазодвигательного аппарата образуют внутренние и внешние мышцы глаза. Первые находятся внутри глазного яблока. Из них цилиарная мышца изменяет кривизну хрусталика, обеспечивая резкость изображения на сетчатке при изменении расстояния до объекта, а мышца радужной оболочки глаза, меняя диаметр зрачка, регулирует общее количество света, поступающее на сетчатку.

Важную роль играют три пары внешних глазодвигательных мышц, содружественная работа которых приводит к изменению положения глаз в орбите. Выделяют три больших группы движений глаз. Первую группу составляют макродвижения глаз, впервые описанные И. Мюллером.

В число макродвижений прежде всего входят быстрые, скачкообразные саккадические движения. Они наблюдаются при зрительном поиске объекта, чтении или рассматривании неподвижных изображений (рис. 1 и 31). Амплитуда саккадических движений определяется размерами объекта и характером перцептивной задачи. Минимальная их величина равна долям градуса, максимальная — 40—60°. Обычно столь большие движения, возникающие как часть ориентировочной реакции на появление в периферическом зрении нового объекта, сопровождаются движениями головы и корпуса.

Латенный период саккадических движений равен приблизительно 150 мсек. Само движение осуществляется со скоростью от 50 до 100 град/сек. Характеристики саккадического движения задаются уже примерно за 50 мсек до его начала, так что если внутри этого

временного интервала изменить положение цели, то глаза сначала прыгают на старое место, и лишь затем с обычным латентным периодом на новое место цели.

В последнее время (см. А. И. Назаров, 1971), было установлено, что незадолго до начала и во время скачка происходит повышение зрительных порогов. Этот феномен, названныйсаккадическим торможением, говорит о том, что прием зрительной информации осуществляется в промежутках между саккадическими движениями, когда глаза фиксируют ту или иную деталь объекта. Обычно глаза

105

находятся в режиме фиксации от 90 до 95% всего времени рассматривания объекта.

На рис. 31 показана запись движений глаз в процессе чтения. Видно, что глаз совершает серию фиксаций и скачков вдоль строки слева направо. По окончанию строки он производит большой скачок влево к началу следующей строки. Небольшое число возвратных движений может говорить о том, что читающий следит за смыслом текста и возвращается назад, чтобы выяснить непонятное.

76

Увы, мой стих не блещет новизной,
Разнообразьем перемен нежданных.
Не поискать ли мне тропы иной,
Приемов новых, сочетаний странных?

Я повторяю прежнее опять,
В одежде старой появляюсь снова.
И кажется, по имени назвать
Меня в стихах любое может слово.

Всё это оттого, что вновь и вновь
Решаю я одну свою задачу:
Я о тебе пишу, моя любовь,
И то же сердце, те же силы трачу.

Всё то же солнце ходит надо мной,
Но и оно не блещет новизной.

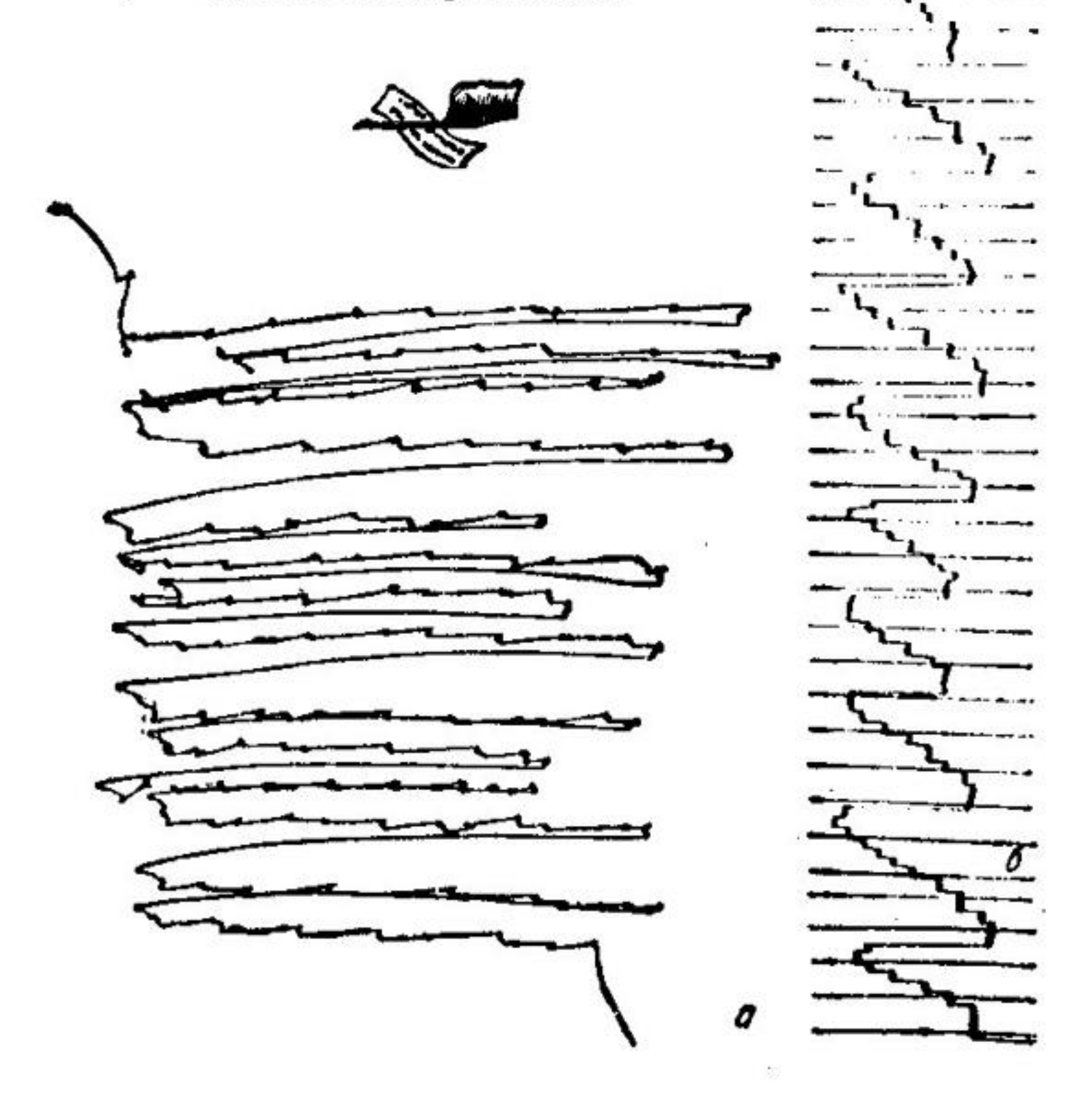


Рис. 31. Запись движений глаз в процессе чтения: а) на

неподвижную, б) — на движущуюся фотобумагу.

106

Когда объект, который необходимо рассмотреть, находится ближе и дальше от наблюдателя, чем точка фиксации, глаза поворачиваются так, чтобы новая фиксационная точка проецировалась на фовеальные участки. Этот вид макродвижений глаз называется вергентными движениями. Если точка новой фиксации находится ближе к наблюдателю, то движение глаз называетсяконвергенцией, если дальше — дивергенцией. Латентный период вергентных движений, как и саккадических, равен приблизительно 200 мсек, но их скорость относительно низка — от 5 до 30 град/сек. Вергентные движения возникают при удалении объекта от наблюдателя не более чем на 5—6 метров, на больших расстояниях оси обоих глаз практически параллельны.

Наконец, последним видом макродвижений глаз являются плавные и медленные следящие движения. Они возникают только в ответ на движение объектов или самого наблюдателя. В последнем случае следящие движения называются также компенсаторными, так как они противоположны по направлению движениям головы и способствуют сохранению фиксации объекта. Следящие движения возникают с латентным периодом равным 80—170 мсек и способны отслеживать объекты, движущиеся со скоростью до 40 град/сек. Во время слежения глаза могут отставать от объекта, особенно если скорость его движения велика. Возникающие движения изображения по сетчатке приводят к нарушениям различения тонких деталей объекта. Это явление, описанное американским психологом Э. Людвигом (1948), было названо динамической остротой зрения.

Комбинация периодически повторяющихся саккадических и следящих движений называется нистагмом. При оптокинетическом нистагме, наблюдающемся при однонаправленном движении объектов в зрительном поле (например, при рассматривании растущих вдоль дороги деревьев из окна движущегося поезда) медленные следящие движения удерживают изображение объекта неподвижным на сетчатке, а быстрые саккады переводят глаза в исходную позицию. Другим видом нистагма является вестибулярный нистагм (см. стр. 238). Он вызывается раздражением вестибулярного аппарата, сопровождающим повороты головы, и возникает даже в совершенно темном помещении или при закрытых глазах. Этот вид нистагма выполняет ту же функцию удержания объекта в зоне
107
ясного видения при собственных движениях наблюдателя. На рис. 32 схематически изображены оба вида нистагма.

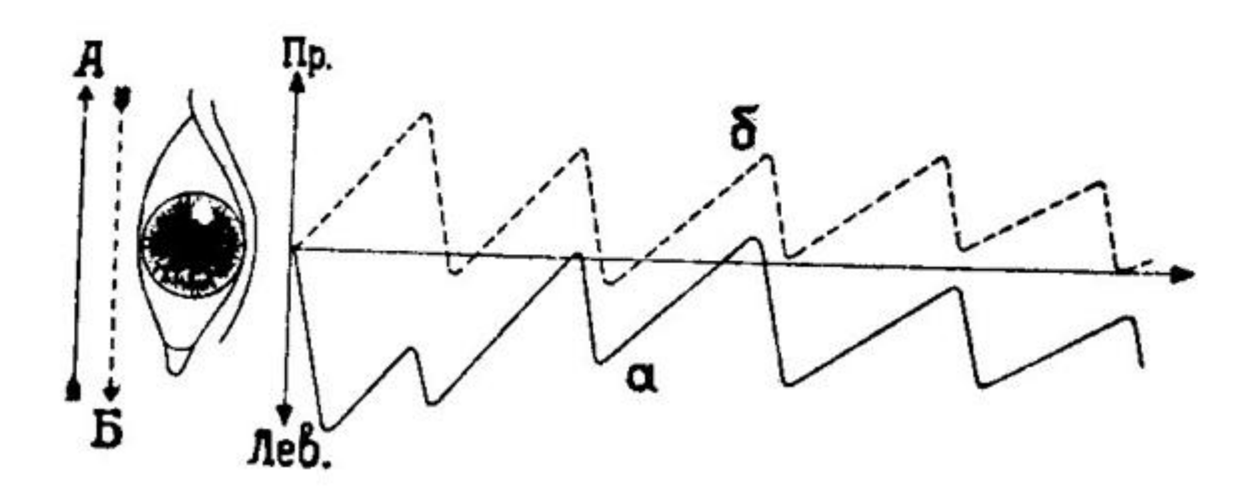


Рис. 32. Оптокинетический (а) и вестибулярный (б)

горизонтальные нистагмы (по Н. Бишофу, 1966).
А — направление движения объектов, Б — направление движения головы.

Вызываемый и регулируемый движением контуров по сетчатке оптокинетический нистагм отличается у человека от вестибулярного сильно выраженной тенденцией фиксировать появляющиеся на границе зрительного поля объекта. Поэтому нистагм осуществляется в этом случае на стороне быстрой фазы, которая также и начинает движение (рис. 33, а). Как показали исследования характеристики нистагма исключительно сильно зависят от расчлененности оптического поля, а также от степени внимания наблюдателя. Так например, отвлечение внимания для решения в уме арифметической задачи уменьшает амплитуду нистагма (Р. Кордс, 1926) или скорость следящих движений, так что саккадические движения могут практически исчезнуть (Г. Борриесс, 1923; С. С. Смирнов, 1971).

Второй класс движений глаз образуют микродвижения — мелкие непроизвольные движения глаз во время фиксации. Долгое время существование микродвижений оспаривалось, так как при фиксации неподвижной точки человек склонен считать свои глаза также неподвижными. Однако с развитием чувствительных объективных

108

методов регистрации движений глаз было доказано существование трех видов микродвижений глаз: тремора, дрейфа и фликов. Тремором называется дрожание глаза с частотой 20—150 гц и амплитудой порядка 10 угл/сек. Более выражены медленные дрейфы, со скоростью около 10 угл. мин/сек, и быстрые флики или микросаккады, амплитуда которых в среднем равна 7 угл. мин. Считается, что основная функция дрейфов состоит в дестабилизации ретинального изображения, микросаккады же возвращают его в зону наилучшей видимости. Комбинация дрейфов и фликов называется физиологическим нистагмом. По своим амплитудным характеристикам викарные движения занимают промежуточное положение между микро- и макродвижениями глаз. В их число входят движения глаз при стабилизации изображения относительно сетчатки, посттахистоскопические движения глаз, быстрые движения глаз во время сновидений и при галлюцинациях. С помощью викарных движений осуществляются преобразования информации, накопленной сенсорным звеном зрительной системы в виде следов раздражителя, а также манипулирование образам зрительной памяти.

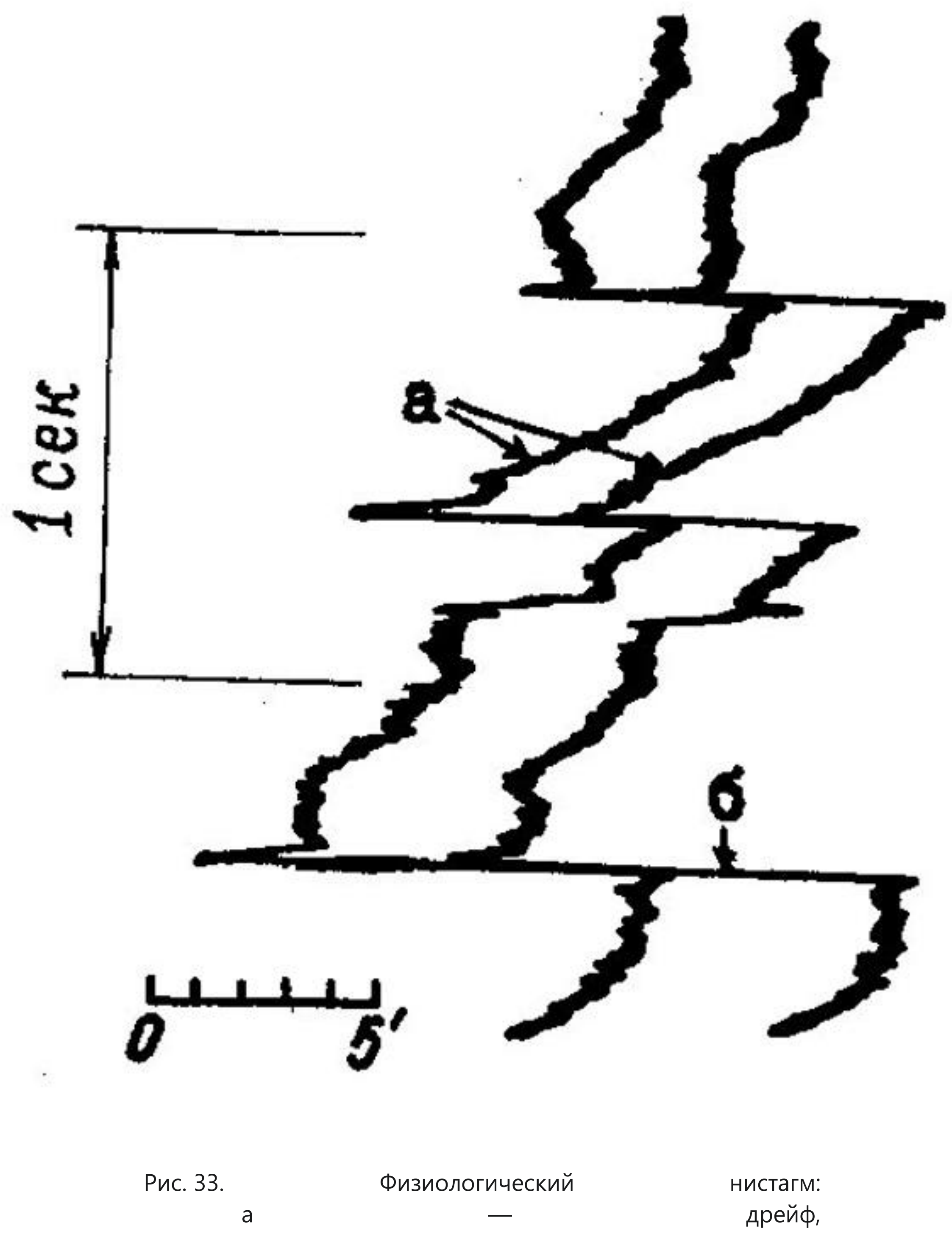


Рис. 33. Физиологический нистагм: а — дрейф, б — микросаккады.

Таким образом, движения глаз входят в число интимных механизмов зрения, обеспечивая как решение подсобных задач

109

(например, аккомодацию, конвергенцию, дестабилизацию), так и процессы выделения существенных признаков воспринимаемого предмета и формирование активного зрительного образа.

3. Восприятие цвета

Зрительная система человека чувствительна к электромагнитным колебаниям, длина волны которых лежит в диапазоне от 380 до 720 нанометров (миллионных долей миллиметра). Эта область электромагнитных колебаний называется видимой частью спектра.

Рецепция падающего на сетчатку света представляет собой только первую ступень в сложной цепи процессов, приводящих к зрительному отражению окружающего нас мира. Структура процесса восприятия цвета меняется в зависимости от оптических свойств поверхностей предметов, которые должны быть восприняты наблюдателем. Эти поверхности могут светиться, излучая больше света, чем на них падает; блестеть, отражая весь падающий на них свет; отражать лишь часть падающего света и, наконец, быть прозрачными, т. е. не оказывать свету существенных препятствий.

Значительное большинство окружающих нас предметов относится к группе тел, частично поглощающих и частично отражающих падающий на них от искусственных или естественных источников свет. Цвет этих предметов объективно характеризуется их отражательной способностью. Поэтому для восприятия цвета предметов зрительная система должна учитывать не только свет, отраженный поверхностью предмета, но также характеристики освещающего эту поверхность света.

Однако в том случае, когда поверхность светится или, специально исключены признаки ее принадлежности какому-либо предмету, восприятие цвета может основываться лишь на анализе непосредственно излучаемого поверхностью света. Эта ситуация имеет место, если участок поверхности рассматривается через отверстие в большом темном или сером экране. Благодаря экрану скрадывается расстояние до поверхности и воспринимается диффузный цвет, относительно равномерно заполняющий отверстие. Такие цвета называются апертурными. Благодаря относительной

110

простоте процессов восприятия апертурных цветов, они изучены в настоящее время более полно, чем восприятие цвета предметов. Кроме того, исследование восприятия апертурных цветов имеет важное практическое значение, так как именно с ними приходится иметь дело операторам, работающим с современными индикаторами. Широкое использование цвета для кодирования информации связано с относительной легкостью различения апертурных цветов.

Цветовые ощущения, возникающие при восприятии апертурных цветов, полностью описываются тремя характеристиками или качествами. К ним относятся светлота, цветовой тон и насыщенность.

Первая из этих характеристик — светлота — иногда также не называется видимой яркостью. Светлота определяется прежде всего физической яркостью света. Как показали психофизические исследования, зрительная система способна реагировать на очень незначительные изменения яркости света: (дифференциальный порог яркости равен всего лишь 0,01). Как уже говорилось, с ростом физической яркости видимая яркость увеличивается медленно. Экспонента соответствующей степенной функции равна 0,33 (см. стр. 78).

На величину абсолютных порогов яркости решающее влияние оказывает состояние адаптации зрительной системы. Весь диапазон воспринимаемых яркостей от совершенно темного до слепяще яркого света благодаря адаптации охватывает огромную область от 10^{-4} до 10^{6} нит[x)]. На рис. 34 показано изменение нижнего и верхнего абсолютного порогов в зависимости от средней яркости фона, определяющей адаптацию.

Физиологические механизмы зрительной световой и темновой адаптации были рассмотрены ранее (см. стр. 83 и др.). Анализ динамики световой чувствительности при адаптации к темноте позволяет установить момент перехода от колбочкового к палочковому зрению. Для этого адаптированного к дневному свету наблюдателя помещают в полную темноту и периодически измеряют нижний

111

абсолютный порог яркости. Результаты измерений показывают, что вначале порог быстро падает, стабилизируясь на постоянном уровне через 8÷10 мин, а затем наступает вторичное резкое снижение порога, которое прекращается лишь через 30÷40 мин после начала адаптации (рис. 35).

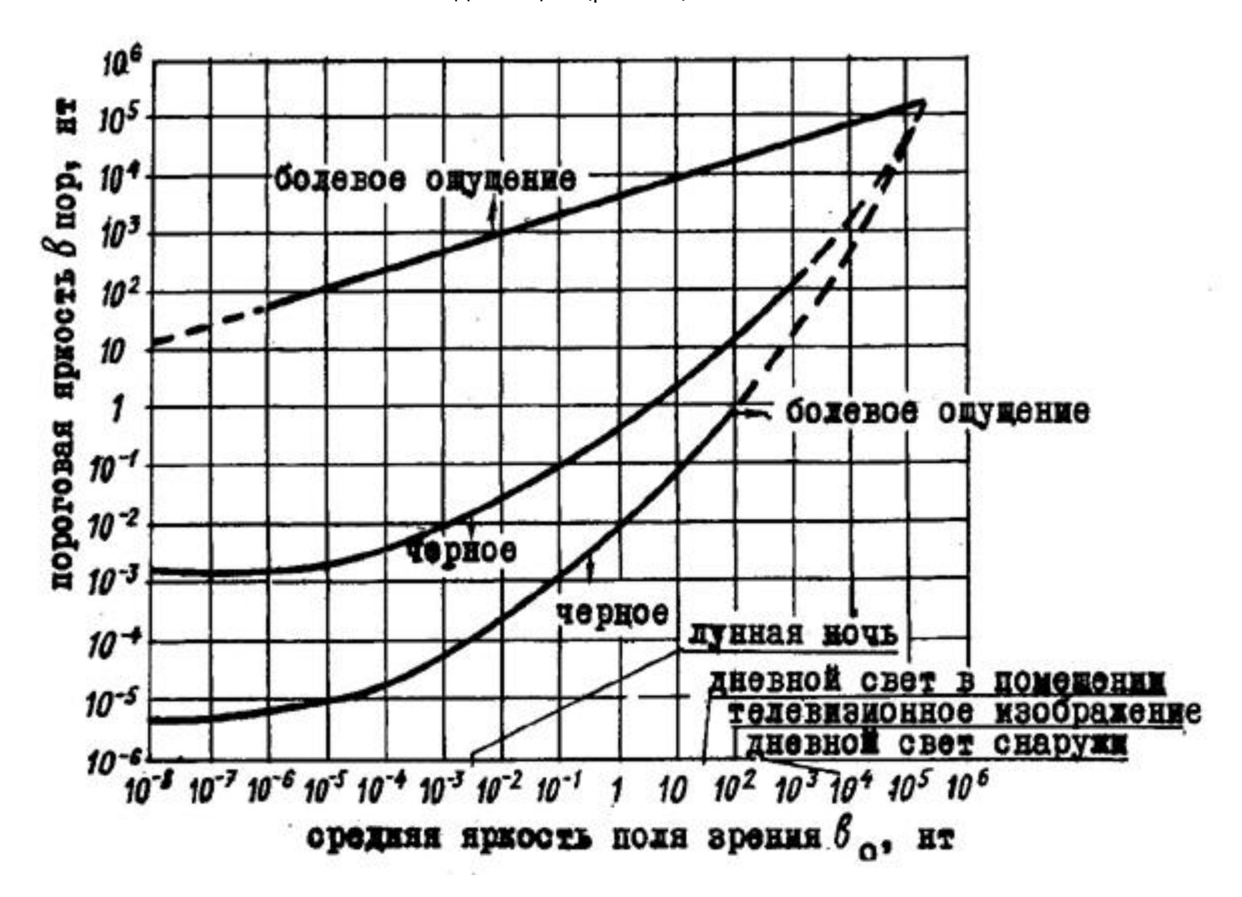


Рис. 34. Границы зоны подлинных зрительных ощущений в зависимости от яркости зрительного поля, к которой адаптирован глаз (по Г. Н. Ильиной, 1972)

Такой "двухступенчатый" вид кривая темновой адаптации имеет только тогда, когда пороги тестируются белым светом. Если используется красный свет, к которому палочки нечувствительны, кривая адаптации состоит только из своей первой ветви. Это доказывает, что точка перелома на кривой темновой адаптации соответствует моменту перехода от колбочкового к палочковому зрению.

Процесс световой адаптации продолжается обычно всего лишь доли секунды.

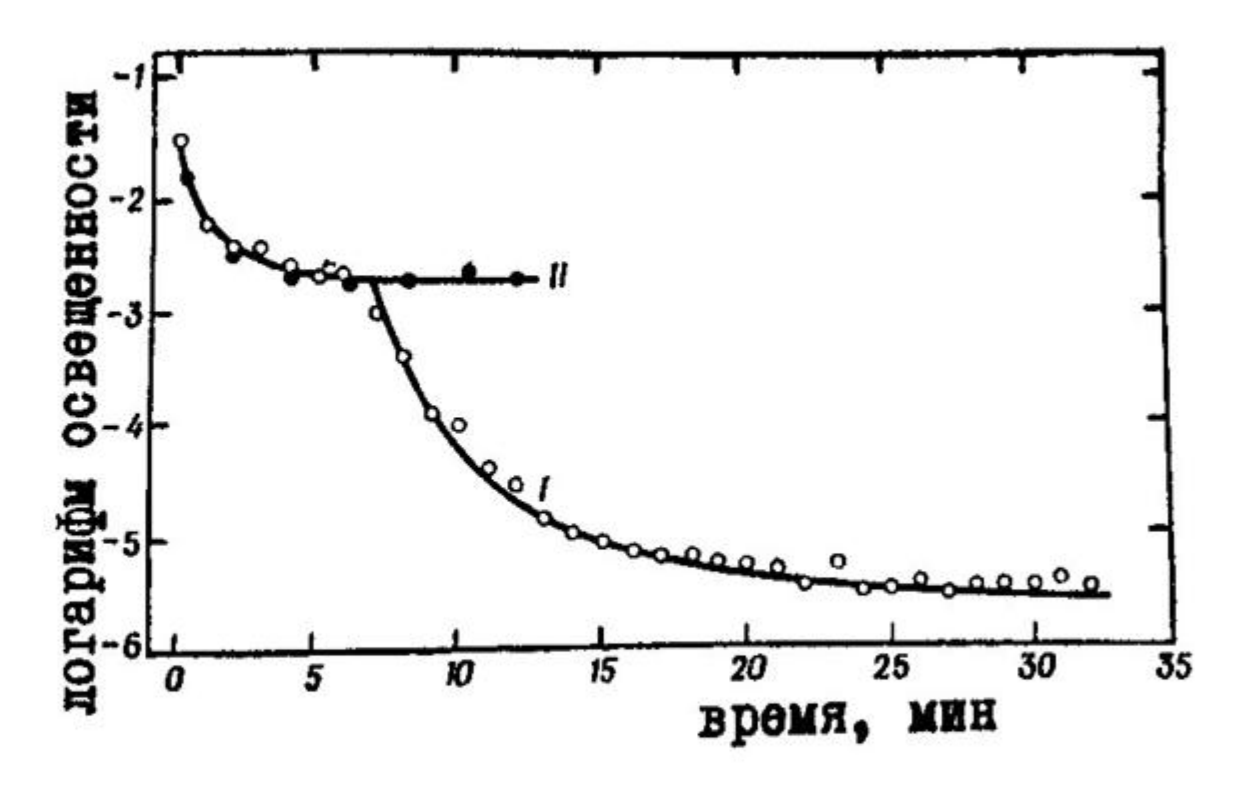


Рис. 35. Изменение нижнего абсолютного порога яркости в ходе зрительной темновой адаптации:
I — тестирование белым светом
II — тестирование красным светом

Видимая яркость меняется также в зависимости от длины волны раздражителя. При дневном освещении максимум спектральной чувствительности приходится на длину волны 555 нм, в темноте он сдвигается в коротковолновую часть видимого спектра к длине волны 510 нм (рис. 19). Это явление называется феноменом Пуркинье. Оно обсуждалось ранее в связи с многомерностью психофизических шкал (см. стр. 81 и д.).

Среди факторов, влияющих на светлоту, следует упомянуть размеры и время действия раздражителя. Эти факторы особенно важны для небольших и кратковременных раздражителей.

Влияние размеров выражается в увеличении вероятности обнаружения или видимой яркости пятна света с увеличением его площади. Этот эффект называется пространственной суммацией. Из него следует, что светлота раздражителя остается неизменной, если с уменьшением его яркости L одновременно определенным образом увеличивается его площадь S:

$$L \cdot S^n = const$$

Показатель степени n, входящий в эту формулу, называется коэффициентом пространственной суммации. Область,

113

внутри которой n сохраняет свое наибольшее значение, равное единице, называется зоной полной пространственной суммации. В темноте при рассматривании источника света центральным зрением величина зоны полной суммации равна 15 угловым мин. Психофизиологические исследования показали, что величина зоны полной суммации определяется размерами рецептивных полей сетчатки. Поэтому она уменьшается в ходе световой адаптации и увеличивается при предъявлении раздражителя в периферическом зрении.

Аналогичная связь существует между яркостью и длительностью предъявления раздражителя:

$$L \cdot T^{m}=const$$

Полная временная суммация (m=1) имеет место для экспозиций, продолжающихся 50—100 мсек.

Большой интерес представляют явления зрительного контраста. Одновременный или пространственный яркостный контраст заключается в подчеркивании зрительной системой различий яркости между соседними участками зрительного поля. Так, серый квадрат на черном фоне кажется светлее, чем такой же квадрат на светлом фоне (рис. 36).

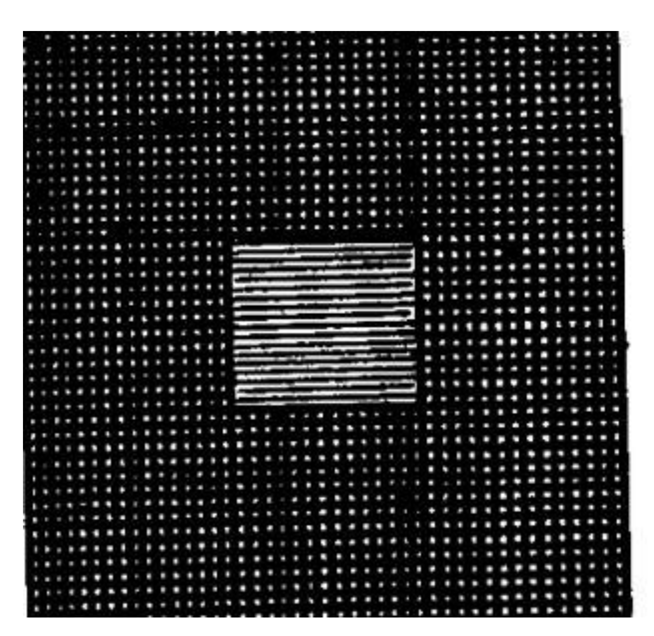




Рис. 36. Яркостный контраст.

Американские исследователи Х. К. Хартлайн и Ф. Ратлиф при помощи электрофизиологических методов обнаружили наличие тормозных взаимодействий между рецепторными

114

элементами глаза пресноводного рачка limulus. Тормозное влияние, оказываемое рецептором А на рецептор Б, оказалось пропорциональным освещению А и пространственной близости обоих элементов. Это явление получило название латерального торможения (рис. 37).

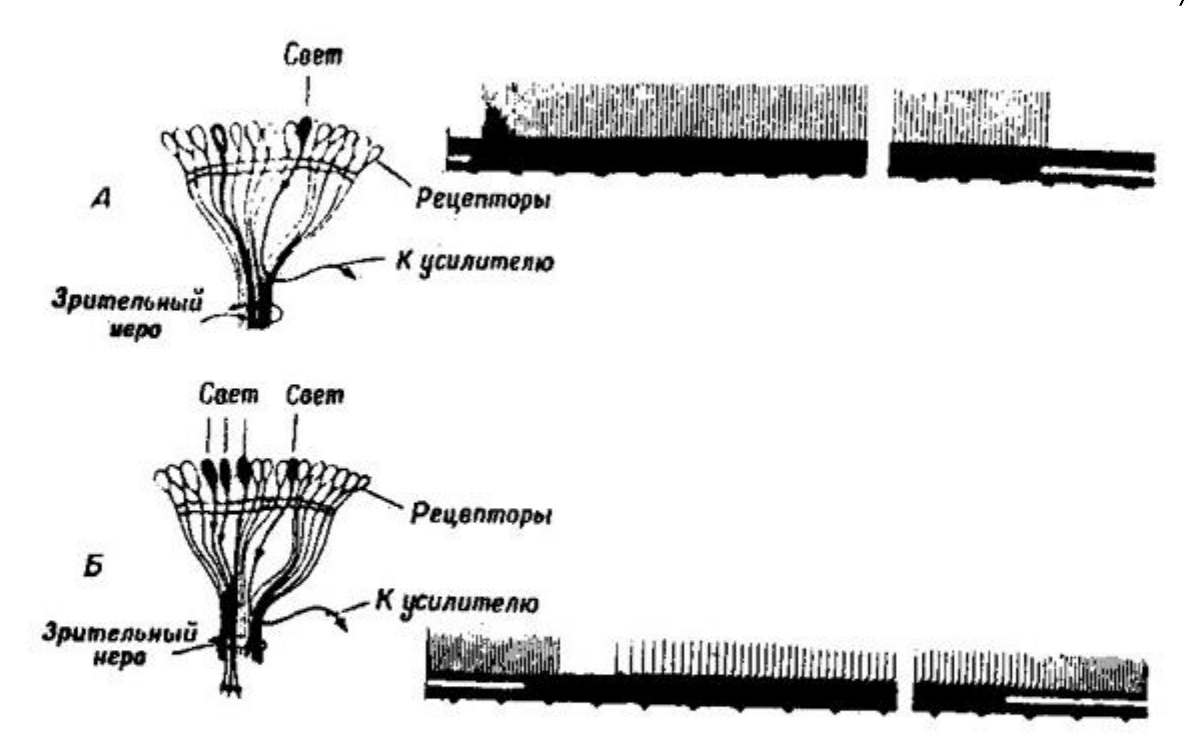


Рис. 37. Латеральное торможение (по Ф. Ратлиффу, 1960).
Освещение рецептора вызывает появление ритмических разрядов в соответствующем сенсорном волокне (А). Боковое освещение соседних рецепторов ведет к торможению ответа (Б).

В результате латерального торможения, оказываемого соседними ярко освещенными элементами, расположенный на краю слабоосвещенной области рецептор будет разряжаться с меньшей частотой, чем элементы, освещенные столь же слабо, но расположенные дальше от границы двух областей. Напротив, рецептор, лежащий на краю ярко-освещенной области, будет разряжаться с большей частотой, чем рецепторы, расположенные в глубине этой области. Таким образом, благодаря латеральному торможению, картина возбуждений элементов сетчатки подчеркивает границы между областями различной яркости.

Тормозные взаимодействия были обнаружены в зрительных системах высокоорганизованных животных, включая обезьян. В то же время существуют данные о значительно более сложном, центральном происхождении явления

115

контраста.

Так, например, на контраст влияет сознательная установка наблюдателя. Если знак, изображенный на рис. 38, воспринимать как две латинские буквы V, то наблюдается выраженный яркостный контраст: левая буква кажется более светлой, чем правая. Если же воспринимать этот знак как одну букву W, то контраст исчезает.



Рис. 38. Влияние установки наблюдателя на яркостный контраст
(по К. Коффке, 1935).

Наряду с только что рассмотренным одновременным контрастом известен также последовательный яркостный контраст. Он выступает в виде последовательных образов — зрительных ощущений света, продолжающихся некоторое время после окончания действия раздражителя.

Различают отрицательные и положительные последовательные образы. Первые возникают, если при нормальном освещении в течение примерно 30 секунд рассматривать ярко освещенный объект, а затем быстро заменить его равномерным полем нейтрального цвета с более низкой яркостью. В этом случае испытуемый некоторое время видит перед собой темное пятно, по форме отдаленно напоминающее объект. Если же объект освещается в темноте вспышкой света, то возникает положительный последовательный образ. Как правило, он исчезает значительно

116

быстрее, чем отрицательный.

В последние годы нейрофизиологам удалось установить связь возникновения и смены последовательных образов с изменением активности нейронов в проекционных отделах зрительной коры (Р. Юнг, 1965).

Благодаря контрасту, зрительная система способна различать мельчайшие пространственные изменения яркости в зрительном поле. Способность видеть два близко расположенных объекта раздельными называется остротой зрения.

Острота зрения, при которой замечаются интервалы между объектами, величиной в одну угловую минуту, считается нормальной. Однако при благоприятных условиях острота зрения человека может достигать величины 0,5 угловой секунды. В этом случае расстояние между проекциями границ объектов на поверхности сетчатки в десятки раз меньше диаметра колбочки. Поэтому некоторые исследователи связывают столь высокую остроту зрения не с сенсорными процессами в сетчатке, а с микродвижениями глаз (см. стр. 107).

Острота зрения меняется вместе с состоянием адаптации. При низких уровнях освещенности она меньше, чем при высоких. На рис. 39 показано изменение остроты зрения для двух стандартных тест-объектов в зависимости от яркости фона. Особенно часто используется второй из этих тест-объектов — кольца Ландольта. Испытуемый должен указать положение разрыва на кольце.

Изменение остроты зрения в ходе адаптации соответствует изменению диаметра рецептивных полей.

Второй характеристикой апертуарных цветов является цветовой тон. Монохроматические, то есть вызванные светом, с одной длиной волны, красный, зеленый, желтый и другие цвета одинаковой видимости яркости различаются как раз по своему цветовому тону. Это качество цветовых ощущений связано прежде всего с длиной волны раздражителя.

При переходе от коротковолновых к длинноволновым электромагнитным колебаниям цветовой тон меняется следующий образом: раздражители с короткими длинами волн воспринимаются фиолетовыми, затем следует узкий участок чистого синего цвета, который кончается сине-зелеными тонами, далее находится узкая полоска

117

чистого зеленого цвета, за которым следуют желто-зеленые тона, потом появляется чистый желтый цвет и, наконец, в длинноволновой области — желто-красные цветовые тона.

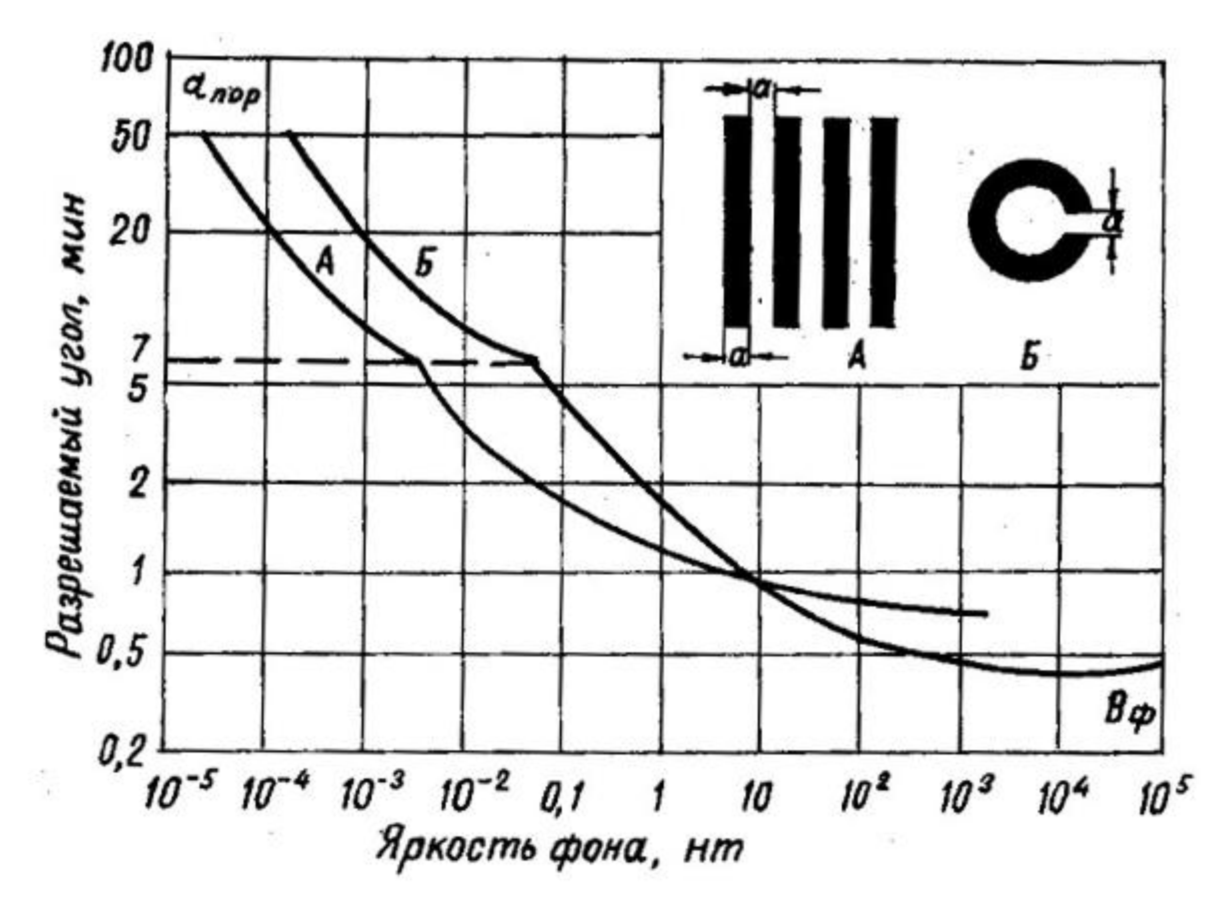


Рис. 39. Изменение остроты зрения в зависимости от яркости фона и типа тест-объектов (по Г. Н. Ильиной, 1972).

Таким образом, монохроматические цветовые тона переходят друг в друга, образуя непрерывный ряд. Этот ряд можно превратить в замкнутый цветовой круг, если добавить к нему пурпурные (фиолетово-красные) цветовые тона, не являющиеся монохроматическими (рис. 40).

Зрительная система способна различать очень тонкие оттенки цветового тона. Общее число различных оттенков монохроматических тонов достигает 150—200. Минимальные разностные пороги, равные 1 нм, найдены в сине-зеленой (485 нм) и зеленовато-желтой (575 нм) частях спектра.

Если длина волны однозначно определяет цветовой тон, то обратное утверждение неверно. Одному и тому же цветовому тону соответствует бесчисленное множество различных комбинаций монохроматических раздражителей. Законы смешения цветов были открыты И. Ньютоном не позже 1692 года. Однако полностью их справедливость была доказана только в прошлом веке. Известны три таких закона:

118

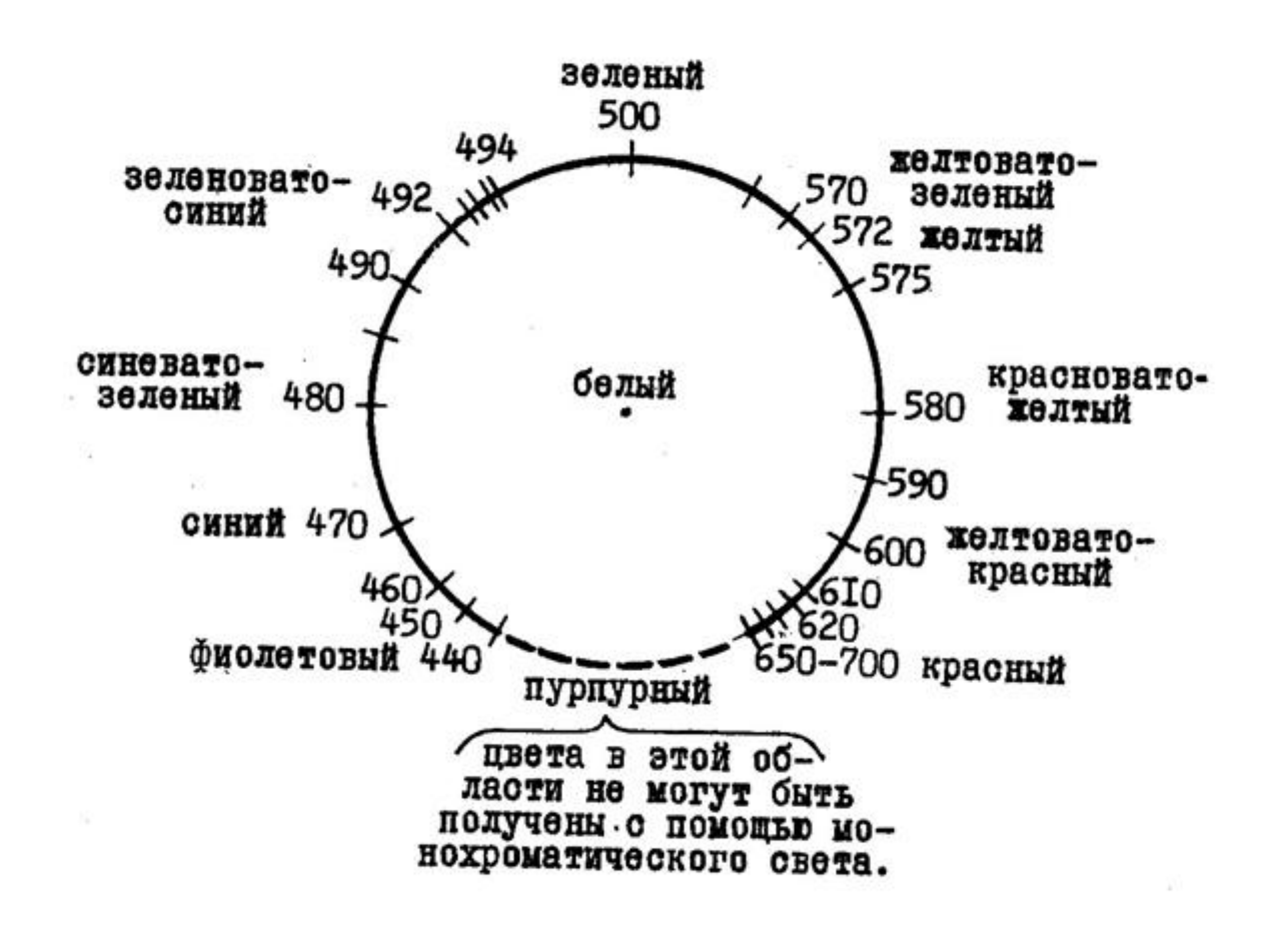


Рис. 40. Цветовой круг.

1. Для каждого цветового тона существует дополнительный цветовой тон, смешение с которым в определенной пропорции дает ощущение одного из оттенков серого (нейтрального) цвета. Следующие пары цветов являются дополнительными:

красный (660 нм) — сине-зеленый (497 нм)

оранжевый (610 нм) — зелено-синий (494 нм)

желтый (585 нм) — синий (485 нм)

желто-зеленый (570 нм) — фиолетовый (430 нм).

Легко видеть, что дополнительные цветовые тона расположены примерно на противоположных концах диаметров цветового круга.

2. При смешении двух цветов, лежащих на цветовом круге блике, чем дополнительные, цветовой тон смеси расположен между смешиваемыми цветами на соединяющей их прямой.

3. Одинаково выглядящие цвета, независимо от своего спектрального состава, дают при смешении одинаковые по цветовому тону смеси.

119

Наиболее важное следствие из законов смешения цветов заключается в том, что с помощью любых трех цветов, не являющихся дополнительными, можно получить любой цветовой тон. Тройки цветов, отвечающие этому требованию, называются основными цветами. К ним относятся, например, красный, синий и зеленый цвет. На рис. 41 показано, в

каких пропорциях нужно брать монохроматические красный, зеленый и синий тона, чтобы получить все остальные цветовые тона видимого спектра.

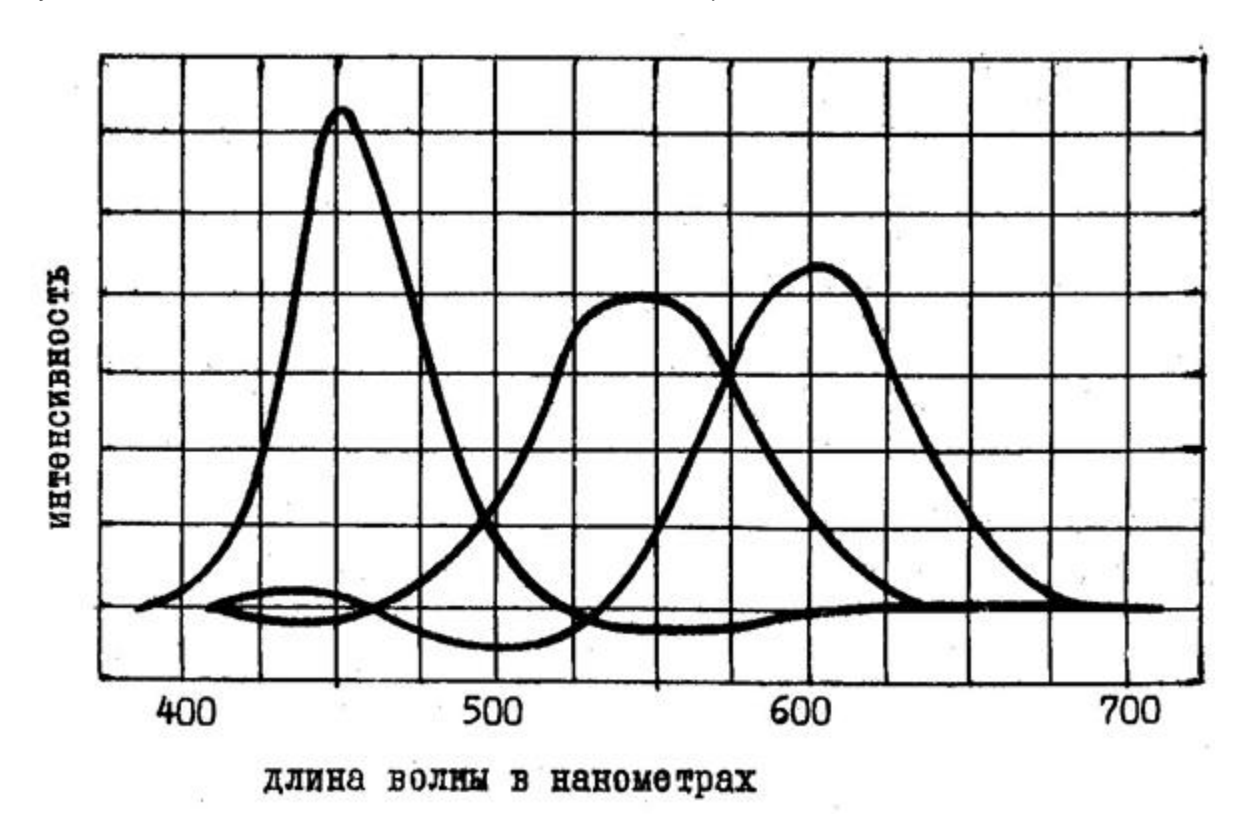


Рис. 41. Пропорции красного (650 нм), зеленого (530 нм) и синего (460 нм) цветов, необходимые для получения всех цветовых тонов спектра.

Степень отличия некоторого цветового тона от нейтрального тона, равного с ним по светлоте, определяет третью и последнюю характеристику цветовых тонов — их насыщенность. Физическим коррелятом насыщенности является "зашумленность" спектрального состава света электромагнитными колебаниями с другими длинами волн.

Насыщенность зависит также от яркости стимулов. Она максимальна для средних уровней освещенности и падает как при увеличении, так и при уменьшении яркости, вплоть до полного обесцвечивания

120

раздражителей. Синие, красные и пурпурные цвета кажутся сильно насыщенными и остаются насыщенными даже при низких уровнях яркости, желтые и зелено-желтые становятся относительно насыщенными при больших яркостях.

Как и в случае видимой яркости, существуют цветовая адаптация и цветовой контраст. Они выражаются в общем или локальном уменьшении воспринимаемой величины насыщенности цветового тона при его длительном рассматривании и в одновременном возрастании видимой насыщенности дополнительного цвета.

Цветовой последовательный контраст проявляется в виде цветовых последовательных образов. Например, длительная фиксация красного квадрата приводит к тому, что наблюдатель видит затем некоторое время перед собой зеленоватый квадрат, смещающийся вместе с движениями глаз. Еще И. В. Гёте обратил внимание на то, что цвета последовательных образов несколько отличаются от дополнительных, по сравнению с которыми они сдвинуты к краям спектра.

Все многообразие апертурных цветов, определяемых тремя рассмотренными характеристиками, можно представить в виде простой пространственной модели — цветового тела (рис. 42). Оно представляет собой двойную коническую пирамиду, по вертикальной оси которой происходит увеличение светлоты цвета. Каждое горизонтальное сечение цветового тела является цветовым кругом для данного уровня видимой яркости. Насыщенность цветового тона уменьшается при движении по радиусу цветового круга, в центре которого находится нейтральный серый цвет. Уменьшение радиусов цветовых кругов на концах цветового тела объясняется уменьшением насыщенности цветов при низких и высоких уровнях видимой яркости.

Вследствие того, что все цветовые тона, включая нейтральные, могут быть получены с помощью смешения трех основных цветов, на практике для описания цветов пользуются цветовым телом, сечение которого представляет собой не круг, а треугольник. На вершинах этого цветового треугольника находятся три основных цвета: красный, зеленый, синий.

На рис. 43 показан цветовой треугольник, принятый Международной осветительной комиссией (МОК) в качестве

121

эталонного. Условные коэффициенты на осях X и Y определяют координаты каждого цвета внутри цветового треугольника. Укажем координаты цветности некоторых цветов:

	X	Y
красный	0,67	0,33
зеленый	0,21	0,71
синий	0,14	0,08
голубой	0,16	0,31 и т. д.

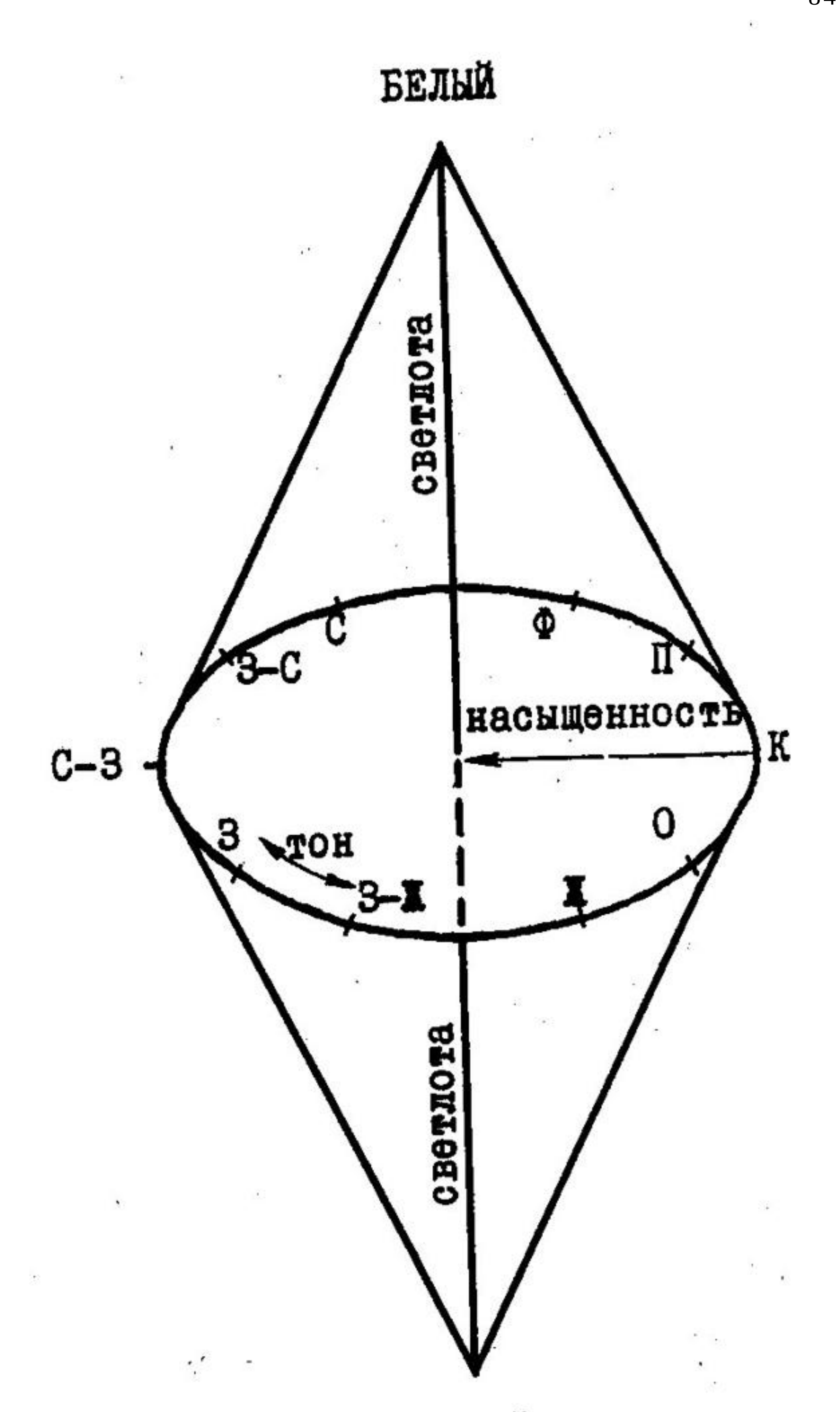

БЕЛЫЙ
светлота
С
Ф
З-С
П
насыщенность
К
С-З
З
тон
О
З-Ж
Ж
светлота

Рис. 42. Цветовое тело (см. текст).

122

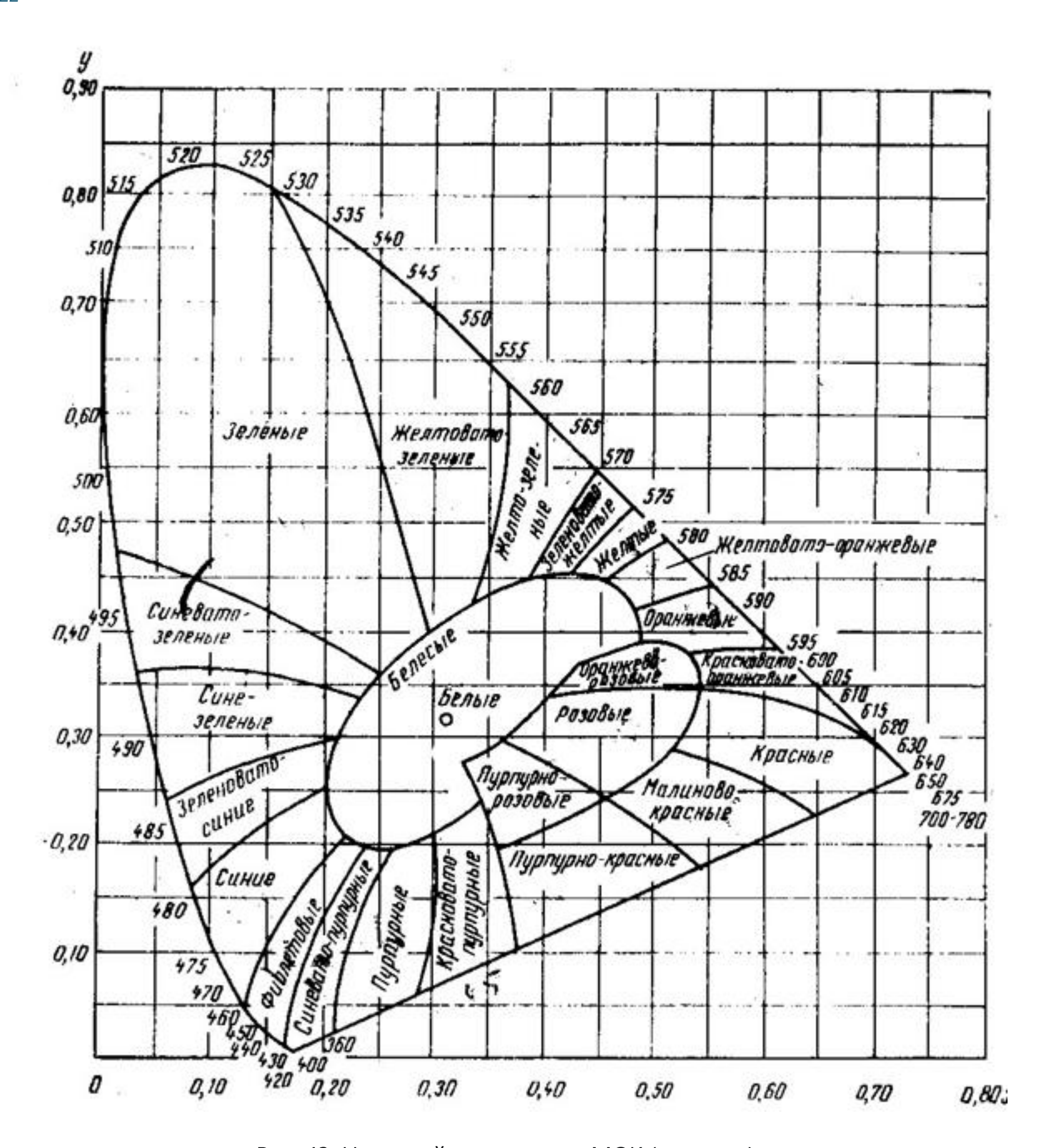


Рис. 43. Цветовой треугольник МОК (см. текст).

Существуют две классические теории цветовых ощущений, называемые трехкомпонентной теорией и теорией противоцветов.

Первые идеи о трехкомпонентности цветового зрения были высказаны М. В. Ломоносовым в его "Слове о происхождении света, новую теорию о цветах представляющем, июля 1 дня 1756 года, говоренном". Эта теория была детально разработана в XIX веке английским физиком Т. Юнгом и Г. Гельмгольцем.

Теория основана на предположении, что число различных рецепторов цвета в сетчатке должно быть невелико. Действительно, если предположить, что для каждого из воспринимаемых нами оттенков существует специальный рецептор, то в условиях

монохроматического освещения работало бы меньше одного процента рецепторов и зрение должно было бы резко ухудшаться. Простые наблюдения показывают, что этого не происходит.

Так как все цвета могут быть получены с помощью смешения трех основных, то было сделано предположение, что в сетчатке

123

существуют три типа рецепторов, чувствительных к синему (фиолетовому), зеленому и красному цветам.

Альтернативную теорию выдвинул Э. Геринг (1878)[x)]. В основу теории противоцветов легли данные о подробно изученных им явлениях контраста, а также некоторые психологические наблюдения. Так, большинство людей выделяют в качестве основного "главного" цвета, помимо красного, зеленого и синего цветов, также и желтый. Э. Геринг считал, что в сетчатке находятся три цветочувствительных субстанции. Их разложение приводит к восприятию белого, зеленого и желтого цветов, а восстановление — соответственно к восприятию черного, красного и синего цветов.

Обе теории долгое время противопоставляли друг другу. Одной из областей, в которой их сторонники искали подтверждения своих взглядов, было исследование различных аномалий цветового зрения.

Нарушения цветового зрения встречаются приблизительно у 8% мужчин и 0,5% женщин. Эти нарушения, по крайней мере отчасти, являются наследуемыми. Было бы неправильно называть этих людей цветослепыми, так как лишь один исключительно редкий вид расстройства цветового зрения связан с полной неспособностью различать цветовые тональности. Люди с такими недостатками называются монохроматами. В этом случае все длины волн и все смеси различаются исключительно по своей светлоте.

Значительная часть нарушений цветового зрения связана с затруднениями в дифференциации красного и зеленого цветов. Особые трудности эти люди испытывают при различении таких цветов, как голубой и розовый. Трехкомпонентная теория, исходящая из существования трех первичных видов рецепторов, объясняет эту аномалию выпадением рецепторов, чувствительных к красному или зеленому цветам. И действительно, было обнаружено, что существуют две разновидности красно-зеленой слепоты. В опытах на получение желтого цвета одним из этих цветоаномалов требовалось гораздо больше красного, а другим —

124

зеленого цвета, чем людям с нормальным зрением. Первая разновидность — нечувствительность к красному — была названа протанопией, а вторая — нечувствительность к зеленому — дейтеропией.

В пользу трехкомпонентной теории говорит, в свою очередь, существование слепоты на синий цвет, который путается в этом случае с зеленым. Это нарушение встречается почти столь же редко, как и полная цветослепота.

В то же время более детальные исследования показали, что красно-оранжево-желто-зеленая часть спектра преобразуется в восприятии цветоаномала не в оттенки зеленого (протанопия) или оттенки красного (дейтеропия), а в оттенки желтого цвета. Можно предположить, таким образом, что красно-зеленая слепота представляет собой дихроматическое желто-синее зрение. Этот факт в большей степени соответствует теории противоцветов Э. Геринга.

Аргументом в пользу теории противоцветов служат полученные на нормальных людях данные о порядке исчезновения цветового тона при перемещении стимулов в периферическое зрение. В этом случае первыми одновременно исчезают красные и зеленые цвета, от которых остается только желтый оттенок. Желтый и синий цветовые тона воспринимаются в более широкой области зрительного поля. Эти эффекты следует учитывать при использовании цветовой индикации.

Многочисленные доказательства как в пользу трехкомпонентной теории, так и в пользу теории противоцветов позволили Л. А. Орбели предположить, что справедливы обе теории. Однако каждая из них описывает закономерности переработки информации о цвете на различных уровнях зрительной системы. В последние годы детальное обоснование этой точки зрения было проведено американскими исследователями Л. М. Гурвичем и Д. Джемсон. На рис. 44 показана разработанная ими схема отношений между тремя светочувствительными субстанциями и четырьмя реципроктными процессами, лежащими в основе цветового зрения. Недавно были получены прямые нейрофизиологические доказательства справедливости этой модифицированной теории.

125

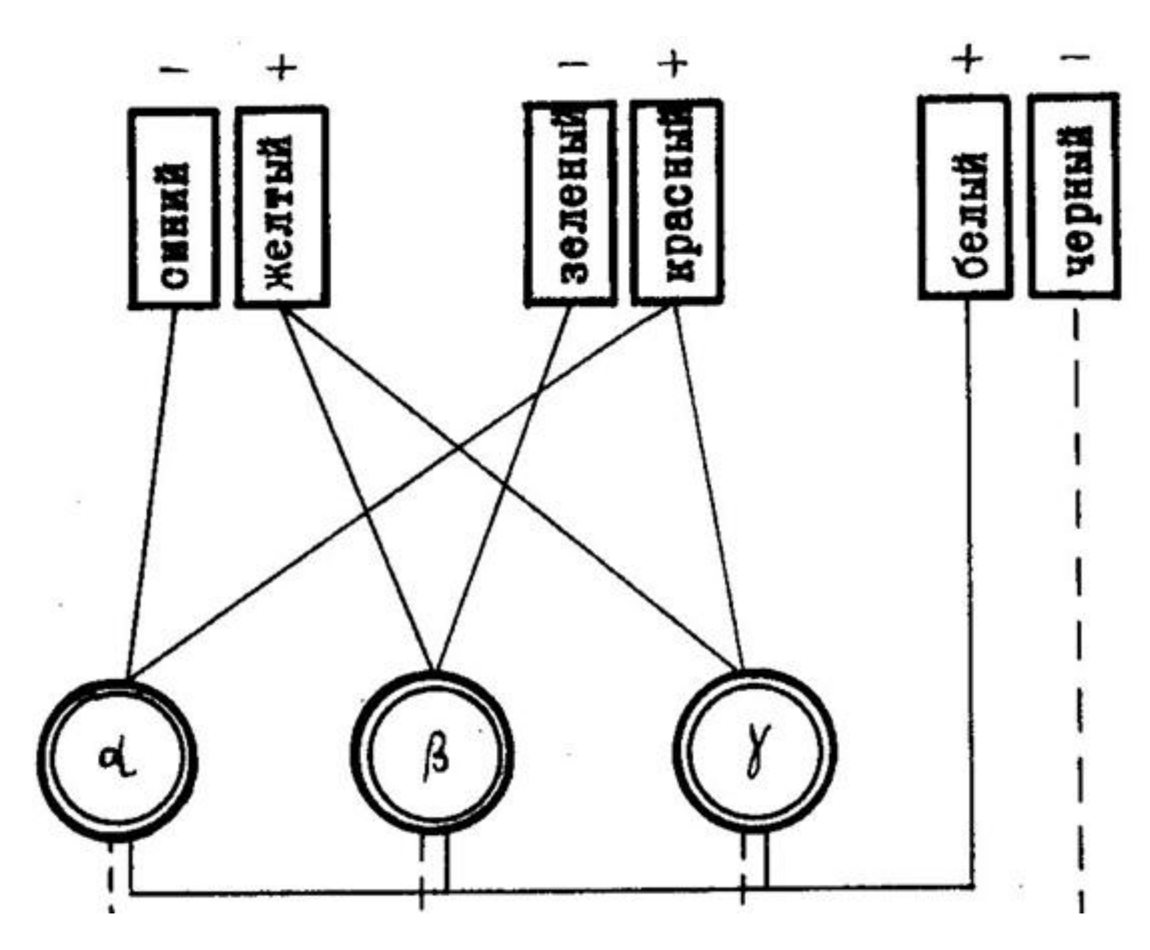


Рис. 44. Упрощенная схема взаимоотношений между светочувствительными веществами и тремя парами противоположных процессов: сине-желтым, красно-зеленым и бело-черным (по Л. М. Гурвичу и Д. Джемсон, 1966).

Прежде всего удалось показать, что в сетчатке действительно имеются три светочувствительных вещества. Один из самых тонких опытов в этой области был проведен английскими исследователями П. К. Брауном и Дж. Уолдом.

В их экспериментах миниатюрный пучок монохроматического света проецировался через зрачок на одиночные колбочки сетчатки испытуемого и с помощью микроспектрофотометра измерялось количество отраженного и вернувшегося через зрачок света. Было установлено, что существуют три типа колбочек, имеющих максимумы поглощения при 450, 525 и 535 нм.

Электрофизиологические опыты с микро-электродной регистрацией активности ганглиозных клеток сетчатки также говорят о существовании трех типов цветовых рецепторов.

Шведский физиолог Р. Гранит показал, что возрастание активности нейронов возникает в ответ на освещение сетчатки синим, зеленым или красным светом (рис. 45).
126

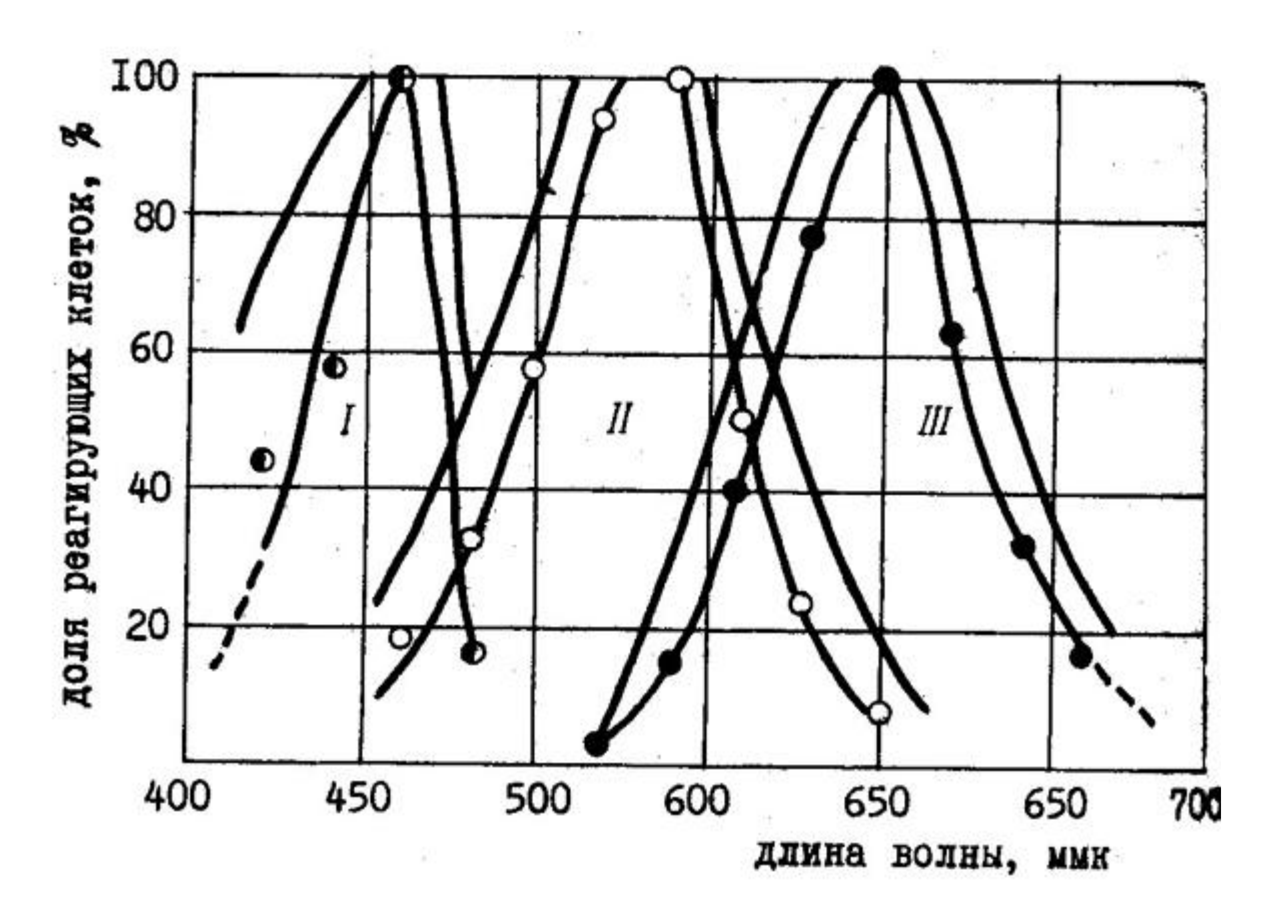


Рис. 45. Регистрация импульсов одиночных ганглиозных клеток сетчатки (по Р. Граниту, 1955).
После избирательной адаптации к соответствующим дополнительным цветам выявлено наличие рецепторов для синего (I), зеленого (II) и красного (III) цветов.

Если исследования механизмов цветового зрения на уровне сетчатки подтверждают трехкомпонентную теорию, то исследования на более высоком уровне латерального коленчатого тела говорят в пользу теории противоцветов. Целый ряд работ, среди которых можно отметить исследования американского физиолога Р. Л. де Валуа и Е. Н. Соколова, показали, что на этом уровне наблюдаются реакции, оппонентного типа. Например, были найдены нейроны, увеличивающие активность в ответ на освещение сетчатки красным светом и уменьшающие ее в ответ на зеленый свет. Наряду с такими "красно-зелеными" элементами были найдены также "желто-синие" и "бело-черные" нейроны.

Таким образом, классические теории цветового зрения не исключают, а дополняют друг друга.

Все сказанное выше относилось к восприятию апертурных или непредметных цветов. Особенно важным является исследование восприятия яркости и цвета предметов.
127

С физической точки зрения, цвет предмета определяется его отражательной способностью и спектром поглощения. Отражательной способностью или альбедо называется отношение отраженного поверхностью и падающего на нее света. Под спектром

поглощения понимают отношение распределений поглощенного к падающему свету по всему видимому спектру частот. Обе эти характеристики остаются постоянными при изменении освещения. Большое значение для правильной ориентации в окружении имеет то обстоятельство, что и зрительная система воспринимает их как относительно неизменные константные свойства.

Рассмотрим проблему восприятия цвета предметов подробнее. Еще Э. Геринг обратил внимание на то, что уголь в солнечный день отбрасывает гораздо больше света, чем кусок мела в сумерки, и тем не менее мы воспринимаем уголь черным, а мел — белым. Константность восприятия цвета нельзя понять, если основываться на данных о восприятии апертурных цветов, определяемых излучаемым поверхностью светом. Рассмотренные механизмы восприятия апертурных цветов могли бы успешно провести локальный анализ спектрального состава отраженного поверхностью света, но они не могли бы, например, отличить желтый предмет, освещенный голубым светом неба, от зеленого предмета, освещенного прямым солнечным светом, так как распределение энергии в отраженном свете в этих двух случаях может быть одинаковым. С другой стороны, одни и те же предметы в разных условиях освещения (при дневном естественном свете, при электрической лампе накаливания и при оранжево-красном закате) отражают свет разного спектрального состава.

Неоднократно проводились эксперименты с целью количественного измерения величины константности цвета. Автором одних из первых таких экспериментов был австрийский психолог Э. Брунсвик (1929). Схема опыта и способ представления данных, примененные в работе Э. Брунсвика, до сих пор являются типичными не только для исследований константности цвета, но и для изучения других видов константности.

На определенном расстоянии перед испытуемым, сидевшим спиной к окну, предъявлялась карточка серого цвета, выполнявшая функции эталона. Затем на большем

128

расстоянии показывалась серия карточек, окраска которых варьировала от светло-серого до темно-серого. Среди них испытуемый должен был найти карточку с такой же окраской, как и у эталона. Так как освещенность объектов меняется обратно пропорционально квадрату расстояния до источника света, в данном случае окна, то при объективном равенстве альбедо дальний объект отбрасывал значительно меньше света, чем эталон.

Э. Брунсвик предложил формулу, позволяющую вычислить коэффициент константности. Пусть А — альбедо эталона, Б — альбедо подобранного испытуемым объекта, а С — альбедо объекта, который был бы подобран, если бы оценки определялись физической яркостью эталона и сравниваемого объекта. В этом случае коэффициент константности подсчитывается по формуле:

Эта формула обладает простыми свойствами. Когда альбедо эталонной и подобранной карточки совпадают (A=B), то коэффициент константности равен 100%. В том случае, когда оценки осуществляются исключительно на основе сравнения яркости (B=C), коэффициент константности равен нулю.

Результаты проведенного Э. Брунсвиком исследования показали, что коэффициент константности обычно равен 10÷70%. Значимо превышающая нулевое значение константность наблюдается уже у детей трехлетнего возраста. Ее развитие продолжается до 10÷12 лет.

Опыты с вырабатыванием поведенческих дифференцировок, проведенные на животных, показали, что у приматов и даже рыб константность восприятия цвета, как

правило, выше, чем у человека. Возможно, это объясняется большим биологическим значением восприятия цвета предметов.

Каким же образом зрительная система обеспечивает константное восприятие цвета? Авторы классических теорий константности цвета Э. Геринг и Г. Гельмгольц придерживались на этот счет

129

различных точек зрения. Э. Геринг считал, что константность объясняется знанием истинного цвета предметов. На восприятие цвета, с этой точки зрения, влияет информация о цвете предмета, хранящаяся в памяти. Г. Гельмгольц трактовал процесс восприятия цвета предмета по аналогии с процессом интеллектуального умозаключения, которое однако осуществляется бессознательно (см.стр. 11). По его мнению, наш мозг способен с помощью прошлого опыта учитывать освещенность предмета и на основании ощущаемой светлоты и цветового тона поверхности делать вывод о его альбедо и цвете.

Обе теории правильно подчеркивали роль прошлого опыта для восприятия цвета, но понимали его упрощенно, как знакомство с некоторым конкретным объектом. Против теории Э. Геринга говорит тот факт, что константность восприятия цвета не ухудшается, когда испытуемые оценивают цвет объекта, неизвестной им окраски. Нельзя также полностью согласиться с объяснением Г. Гельмгольца, так как даже знание альбедо предмета не всегда приводит к правильному восприятию его окраски. Об этом говорят, в частности, опыты, проведенные немецким психологом А. Гельбом (1929).

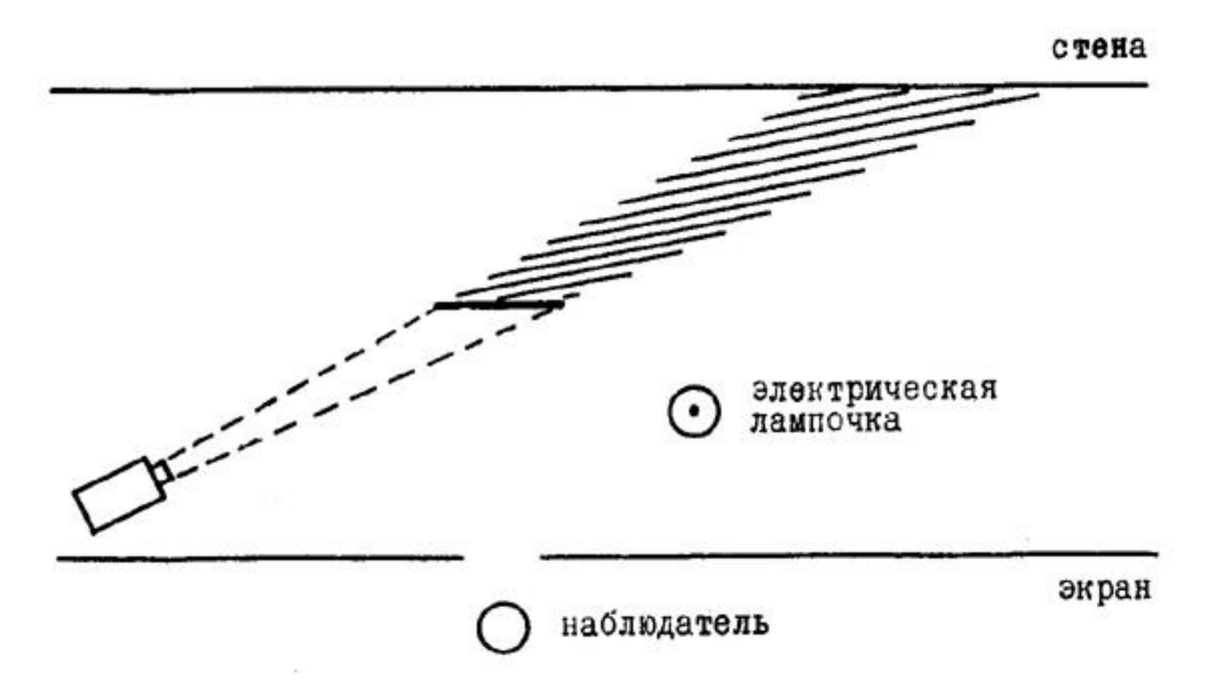


Рис. 46. Схема опыта А. Гельба /по Г. Каниззе, 1966/.

130

На фоне белой стены слабо освещенной комнаты находился черный круг (рис. 46). Он ярко освещался скрытой от наблюдателя дуговой лампой. Тень от круга падала вне границ поля зрения наблюдателя. В этом случае он видел слабо освещенный белый круг на фоне темной стены. Однако достаточно было внести в освещенную дуговой лампой область полоску белой бумаги, как слабо освещенный белый цвет круга мгновенно превращался в сильно освещенный черный. Если полоска убиралась, вновь воспринимался белый круг. Таким образом, ни память на цвет, ни возможные умозаключения наблюдателя не влияли на восприятие цвета.

Для понимания результатов этого опыта следует учесть, что диапазон возможных значений альбедо различных поверхностей сравнительно невелик. Так очень черная краска отражает 3% падающего на нее света, а самая лучшая белая — 80%. Поэтому максимальное отношение альбедо предметов в зрительном поле никогда не превышает 30:1, тогда как отношение яркостей может достигать величин 1000:1 и выше. В ситуации опыта А. Гельба у наблюдателя нет непосредственных данных о различных в освещении комнаты и круга, которые могли бы быть получены при виде дуговой лампы или тени от круга. Поэтому, если круг отражает примерно в 30 раз больше света, чем стены комнаты, то он воспринимается находящимся на верхнем конце наибольшего возможного расстояния между белым и черным, а комната — на нижнем.

Когда в поле зрения наблюдателя появляется полоска белой бумаги, то возникает новое отношение яркостей. Так как при одном и том же освещении полоска примерно в 30 раз ярче, чем круг, испытуемый видит ярко освещенные белую и черную поверхности. Что касается стен комнаты, то они отражают почти в 30×30 раз меньше света, чем полоска бумаги и воспринимаются как белые при слабом освещении.

Из этого объяснения следует, что если скрытая лампа освещает не черный, а белый круг, то отношение

131

яркостей в зрительном поле будет больше 30:1 и круг будет излучать больше света, чем это позволяет, с точки зрения зрительной системы наблюдателя, общая освещенность окружения. Как показали опыты, в этом случае круг на самом деле кажется светящимся.

Таким образом, восприятие объектов в соответствии с их альбедо становится возможным благодаря оценке относительной яркости поверхностей находящихся в поле зрения наблюдателя. Большое значение для константности восприятия цвета имеет также способность зрительной системы "вычитать" из отраженного объектами света общую световую составляющую. Обычно эта составляющая как раз соответствует цвету освещения. В основе подобного "вычитания" лежит работа механизмов цветовой адаптации и цветового контраста. Благодаря их действию доминирующий цвет зрительного поля постепенно теряет насыщенность, приближаясь к нейтральному, и соответственно возрастает насыщенность дополнительного цвета. Оценки локальных цветов осуществляются по отношению к этому новому нейтральному уровню.

Как правило, указанная структура перцептивного действия оценки цвета предметов ведет к его константному восприятию. Однако, как и в случае других видов константности, эти операции в специальных условиях могут приводить к иллюзорному восприятию цвета. Примером этого служат эксперименты К. Коффки (1935).

На стене комнаты, освещенной окрашенным светом, укреплен серый круг $К_1$ (рис. 47). Через отверстие в стене виден другой такой же круг $К_2$, находящийся в комнате с нормальным освещением. В этих условиях $К_1$ воспринимается серым, а $К_2$ — окрашенным дополнительно к цвету освещения в первой комнате. Иными словами, цвет первого круга воспринимается константно, а второго — нет. Отношения цветов становятся обратными, если оба круга рассматриваются через отверстие в освещенном нейтральным светом сером экране: $К_1$ кажется окрашенным в цвет своего освещения, а $К_2$ — нейтрально серым.

В первом случае (без использования экрана) общий цвет освещения определяется отраженным стенами комнаты. В результате цветовой адаптации этот цвет теряет

132

свою насыщенность и воспринимается как серый. Поэтому круг $К_1$, который отражает тот же самый свет, также воспринимается как серый, т. е. в соответствии со своей

истинной окраской. Если отражающий окрашенный цвет круг K_1 воспринимается нейтральным, то отражающий ахроматический свет круг K_2 должен восприниматься окрашенным. Причем цвет K_2 должен так отличаться от серого, как серый цвет K_1 отличается от цвета своего освещения. Это значит, что цвет K_2 должен быть дополнительным к цвету освещения в первой комнате.

Во втором случае общая составляющая цветовой тональности видимых объектов задается нейтральным цветом экрана. Поэтому K_2, отражающий нейтральный свет, воспринимается серым, а K_1, освещенный хроматическим светом, видится в цвете своего освещения.

Очевидно, принципиально то же объяснение можно дать и константному восприятию окрашенных предметов. Например, при красном освещении зеленый предмет на сером фоне отражает примерно такой же свет, как серый предмет при ахроматическом освещении. Вспомним, однако, что в результате одновременного цветового контраста серое пятно, окруженное красным полем, воспринимается как зеленоватое. Поэтому в рассматриваемом случае предмет будет восприниматься зеленоватым, т. е. близким к своей действительной окраске.

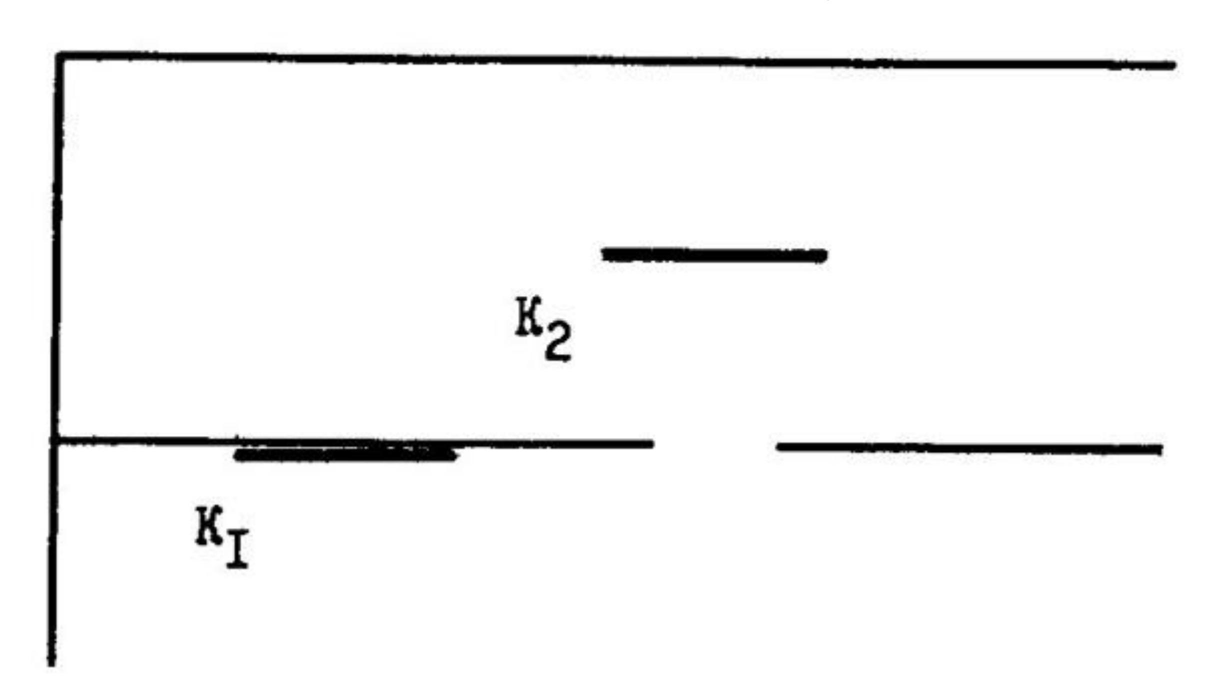


Рис. 47. Схема опыта К. Коффки

133

Таким образом анализ восприятия цвета предметов свидетельствует о том, что работа относительно элементарных механизмов адаптации и контраста подчинена основной задаче восприятия — предметному отражению окружающего нас мира.

4. Зрительное восприятие пространства

Восприятие не могло бы выполнять свою ориентирующую функцию, если бы воспринимаемые предметы и сам наблюдатель не локализовались более или менее точно в окружающем пространстве. Наряду с другими видами чувствительности, зрение, как ее высшая эпикритическая форма, участвует в отражении пространственных отношений между предметами.

Неизменность основных черт внешнего пространства объясняют тот факт, что некоторые механизмы пространственного зрения, по-видимому, являются врожденными. Это прежде всего относится к физиологическим механизмам фузии, лежащим в основе бинокулярного зрения. Под фузией понимают объединение в единый образ изображений, проецирующихся на различные сетчатки. Такое объединение оказывается возможным лишь в том случае, когда объекты проецируются примерно на центральные ямки фовеа обоих глаз или точки, удаленные от середин центральных ямок на одно и то же расстояние и в одном и том же направлении. Эти пары точек называются корреспондирующими. Любые другие пары точек сетчаток называются диспаратными — когда монокулярные изображения проецируются на них, бинокулярного слияния, как правило, не происходит, и видимое изображение двоится. Большинство авторов объясняет фузию анатомно-физиологической спаренностью, корковых представительств сетчаток левого и правого глаз.

В то же время механизм фузии может работать только в сочетании с вергентными движениями глаз, обеспечивающими бинокулярную фиксацию предметов. В противном случае монокулярные поля зрения соответствовали бы разным участкам окружения, и их объединение, естественно, было бы невозможным. Совокупность точек пространства, которые при данном угле конвергенции проецируются на корреспондирующие точки сетчатки, называется гороптером. И. Мюллер первым доказал, что гороптер представляет собой окружность, проходящую через центры обоих глаз и точку

134

фиксации (рис. 48). Таким образом, необходимым условием биокулярного зрения является координация сенсорного механизма фузии с вергентными движениями глаз.

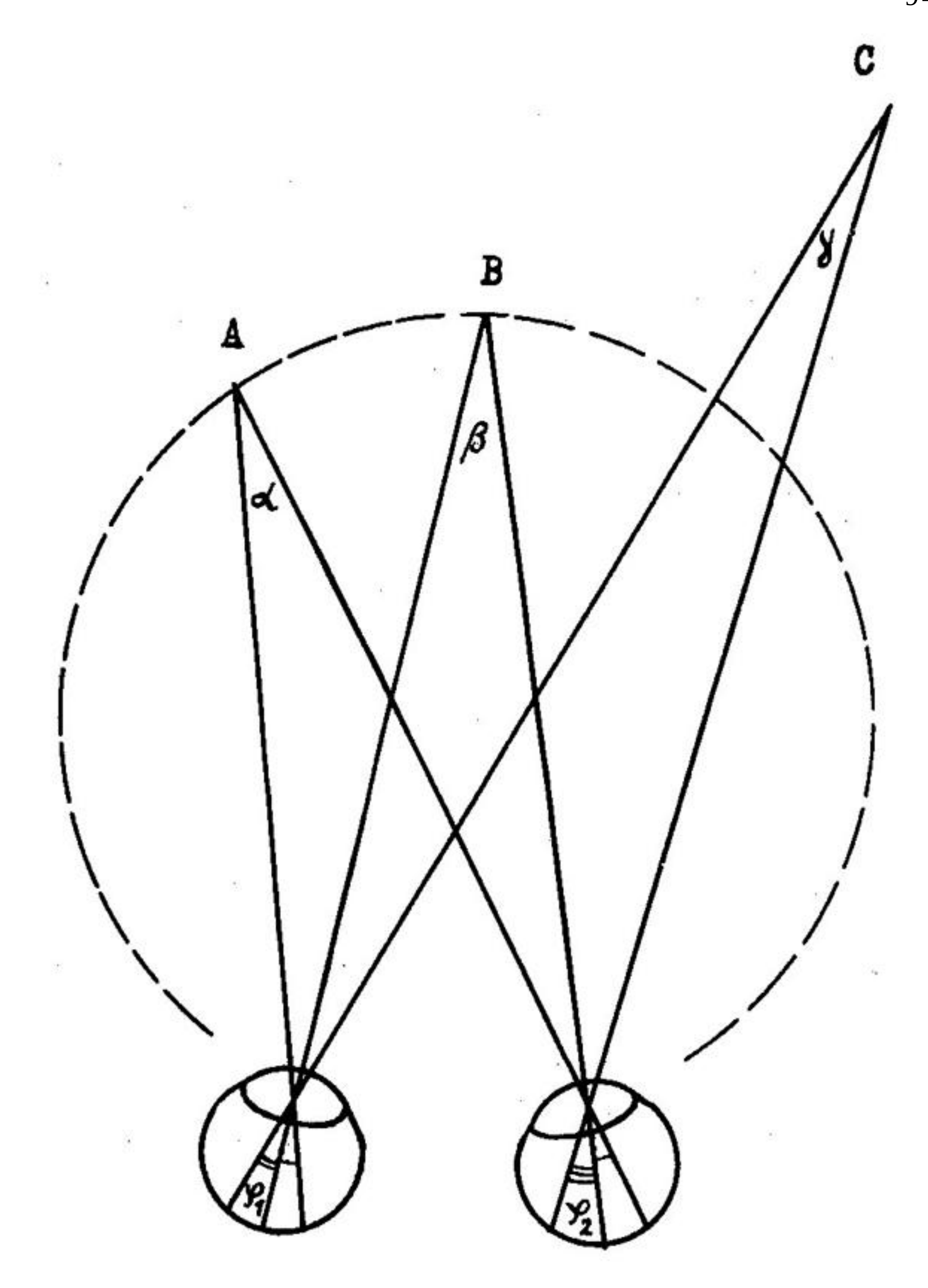


Рис. 48. Теоретический гороптер И. Мюллера. Углы α и β равны между собой, а углы β и γ — не равны.

Как показали исследования М. Н. Денисовой и Н. Л. Фигурина, бинокулярная фиксация развивается в течение первых трех месяцев жизни ребенка. Следовательно, несмотря на

врожденность ряда механизмов пространственного зрения, их координация осуществляется в ходе постнатального развития. Приводившиеся выше

135

данные о развитии восприятия в условиях сенсорной изоляции и оптических искажений показали, что при этом важную роль играют активные движения субъекта (см. стр. 22 и др.).

С помощью зрения удается определить все основные пространственные характеристики предметов: их направления, удаленность и величину.

Теория бинокулярного восприятия направления была разработана И. Мюллером и Э. Герингом, установившими закон идентичных зрительных направлений. По этому закону все объекты, проецирующиеся на одно и то же место сетчатки, воспринимаются в одном направлении, хотя, возможно, и на разных расстояниях. При бинокулярном восприятии в одном направлении видятся объекты, проецирующиеся на корреспондирующие точки сетчаток. Для центральных ямок сетчаток это направление совпадает с линией, проведенной через точку фиксации и середину линии, соединяющую оба глаза, т. е. точку, находящуюся в области переносицы[x)].

Смысл закона идентичных зрительных направлений можно пояснить с помощью простого опыта, предложенного самим Э. Герингом.

Для этого нужно встать примерно в полуметре от окна, выходящего на улицу, закрыть правый глаз, а левый направить на какой-либо объект справа от себя, например, отдельно стоящее дерево. Фиксируя дерево, необходимо поставить на стекле точку, так чтобы она находилась с ним в одном направлении. Затем левый глаз закрывается, а правым глазом фиксируется отметка на стекле и все предметы, находящиеся в том же направлении, например, дом. После этого можно открыть оба глаза и направить их на отметку, которая сейчас частично закрывает и дерево и дом. Хотя и не всегда одновременно, довольно легко удается видеть дом, отметку и дерево в одном и том же направлении (см. рис. 49).

Для оценки направления большое значение имеют не только вергентные, но и саккадические движения глаз. С помощью саккадических

136

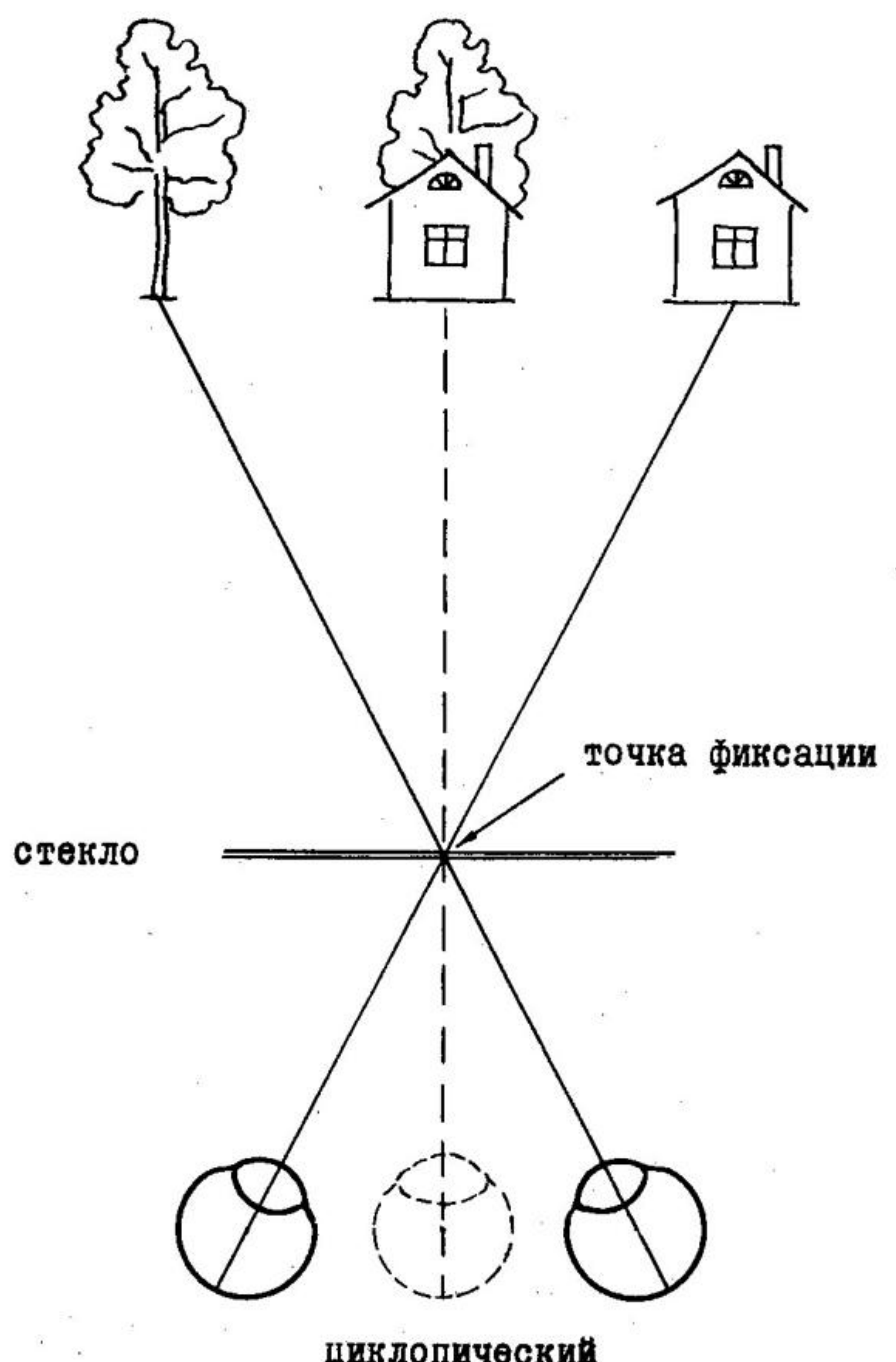

точка фиксации
стекло
циклопический
глаз

Рис. 49. Закон идентичных зрительных направлений Э. Геринга

движений глаз, как показали недавно американские психологи Л. Фестингер и Л. П. Кэнон (1965), удается оценить положение объекта в поле зрения значительно точнее, чем с помощью медленных следящих движений. Опыты этих авторов проводились в полной темноте. В половине случаев испытуемые должны были, отслеживая в течение минуты движения светящейся цели, указать место, в котором она исчезла. В другой половине опытов

137

цель вспыхивала на короткое время в одном из участков поля зрения и испытуемые фиксировали ее с помощью саккадических движений глаз. Оказалось, что локализация цели во втором случае значительно лучше, тем в первом.

Зрительное восприятие направления характеризуется высокой константностью и не меняется при движениях глаз и локомоциях наблюдателя. Этот вид константности получил название, стабильности видимого мира (см. стр. 35). В его основе лежит отражение стабильности и неподвижности нашего предметного окружения — деревьев, домов, линии горизонта и т. п. Устанавливаемая в ходе развития и предметной деятельности, эта стабильность сохраняется затем во время собственных движений наблюдателя. Характерно, что константность направления имеет место при активных движениях. В тех случаях, когда глаза пассивно сдвигаются в сторону, например, за счет надавливания на глазное яблоко пальцем, наблюдается кажущееся смещение всего видимого окружения в противоположном направлении.

Это обстоятельство служит одним из аргументов против объяснения стабильности видимого мира с помощью так называемой афферентной теории. (Ч. Шеррингтон, 1906). Согласно этой теории, проприоцепция глазных мышц содержит информацию о положении глаз в орбитах, позволяющую ЦНС игнорировать изменения зрительной стимуляции, вызванные движениями глаз.

Наиболее полное объяснение имеющимся фактам дает впервые предложенная Г. Гельмгольцем (1894) и Э. Махом (1885) иннервационная теория. Эта теория основана на предположении, что каждая глазодвигательная команда сопровождается прогнозом возможных изменений зрительной стимуляции. Если прогноз и фактическое изменение стимуляции совпадают, то никакого движения не воспринимается. На рис. 50 показана схема, предложенная в 1950 году немецким физиологом Э. ф. Хольстом для иллюстрации этой теории. Иннервационная теория объясняет возникновение кажущихся движений видимого окружения у больных с недавним параличем глазных мышц. В этом случае всякие попытки двигать глазом в сторону сопровождается восприятием скачка объектов в том же направлении. Возможно,

138

это происходит потому, что вследствие паралича центральный прогноз, связанный с моторной командой, не компенсируется соответствующей реафферентацией[x)], что бывает в обычных условиях лишь при движении видимых объектов вместе с глазом.

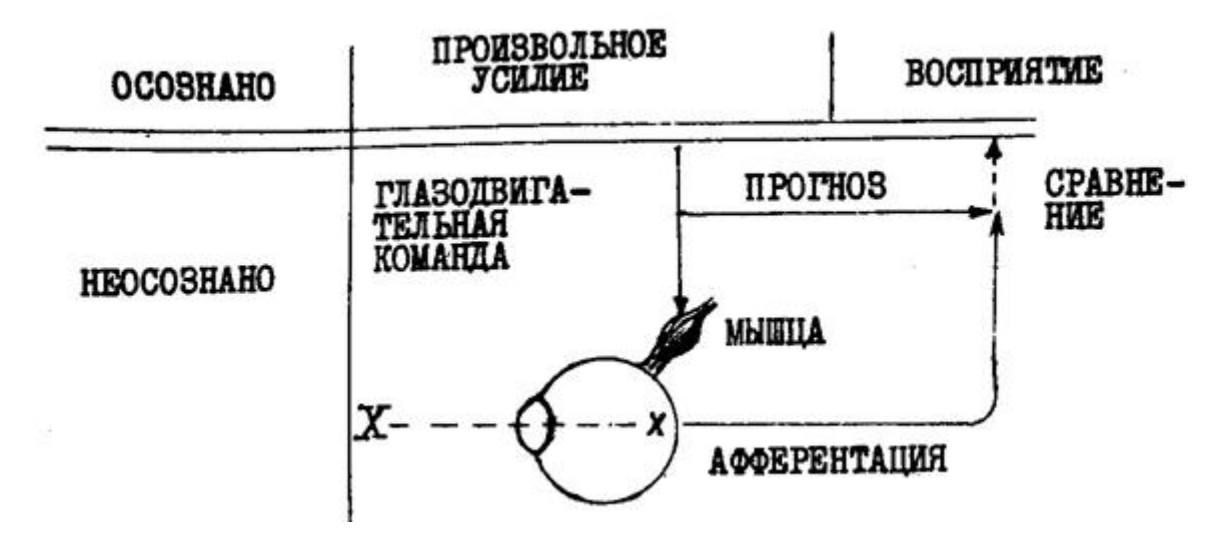


Рис. 50. Схема возможного механизма обеспечения стабильности видимого мира во время движений глаз (по Э. Ф. Хольсту, 1950).

Третье возможное объяснение стабильности видимого мира связано с подчеркиванием роли относительной локализации в оценке положения предметов. Действительно, взаимное расположение предметов в зрительном поле остается неизменным не только при движениях глаз, но и при локомоциях наблюдателя. Выделение этой информации достаточно для создания инвариантного образа окружения. Одним из сторонников этой точки зрения является английский кибернетик Д. М. Маккей (1956).

В самое последнее время были получены нейрофизиологические доказательства в пользу двух последних теорий. При этом оказалось, что иннервационная теория правильно предсказывает физиологические процессы на уровнях верхних бугров четверохолмия и латерального коленчатого тела,

139

т. е. на относительно низких уровнях зрительной системы. За несколько десятков миллисекунд до начала активного движения глаз здесь регистрируется смещение участка максимальной активности от нейронов, стимулируемых при данном положении глаз к нейронам, которые должны быть активированы лишь существенно позже, после осуществления самого движения (Вуртц, 1972). С другой стороны, кортикальные нейроны одинаково реагируют как на движение глаз в структурированном окружении, так и на аналогичное изменение зрительной стимуляции. Это доказывает, что на уровне коры основную информацию о движениях глаз, позволяющую учитывать их влияние на восприятие, несут целостные изменения зрительной стимуляции (Вуртц, 1971).

Трансформации проекций неподвижных объектов на сетчатку во время движений организма несут ему информацию об этих движениях и выполняют тем самым функцию зрительной кинестезии (см. стр. 51). Особенно возрастает роль зрительной кинестезии в тех случаях, когда наблюдатель не просто передвигается из одного места в другое, а делает это относительным неестественным способом, например, с помощью автомобиля, самолета или космического корабля. Как правило, собственно кинестезическая и вестибулярная информация оказывается в этом случае искаженной (см. стр. 241 и д.), и поэтому зрительная кинестезия остается единственным источником достоверных сведений о положении тела в пространстве. Характер изменения зрительной стимуляции иногда позволяет

однозначно определить вид собственного движения. Так, на рис. 51 схематически изображена картина изменения восприятия летчика при посадке (А) и на бреющем полете (Б).

Наряду с определением направления для восприятия пространства решающее значение имеет восприятие его третьего измерения — глубины. В онтогенезе зрительное восприятие глубины появляется очень рано, уже в первые месяцы жизни ребенка. Можно, однако, предположить, что, как и в случае восприятия направления, становление и координация восприятия удаленности осуществляется в связи с первыми практическими действиями ребенка, предполагающими выделение пространственных отношений. Примером таких действий может служить акт хватания предмета.

140

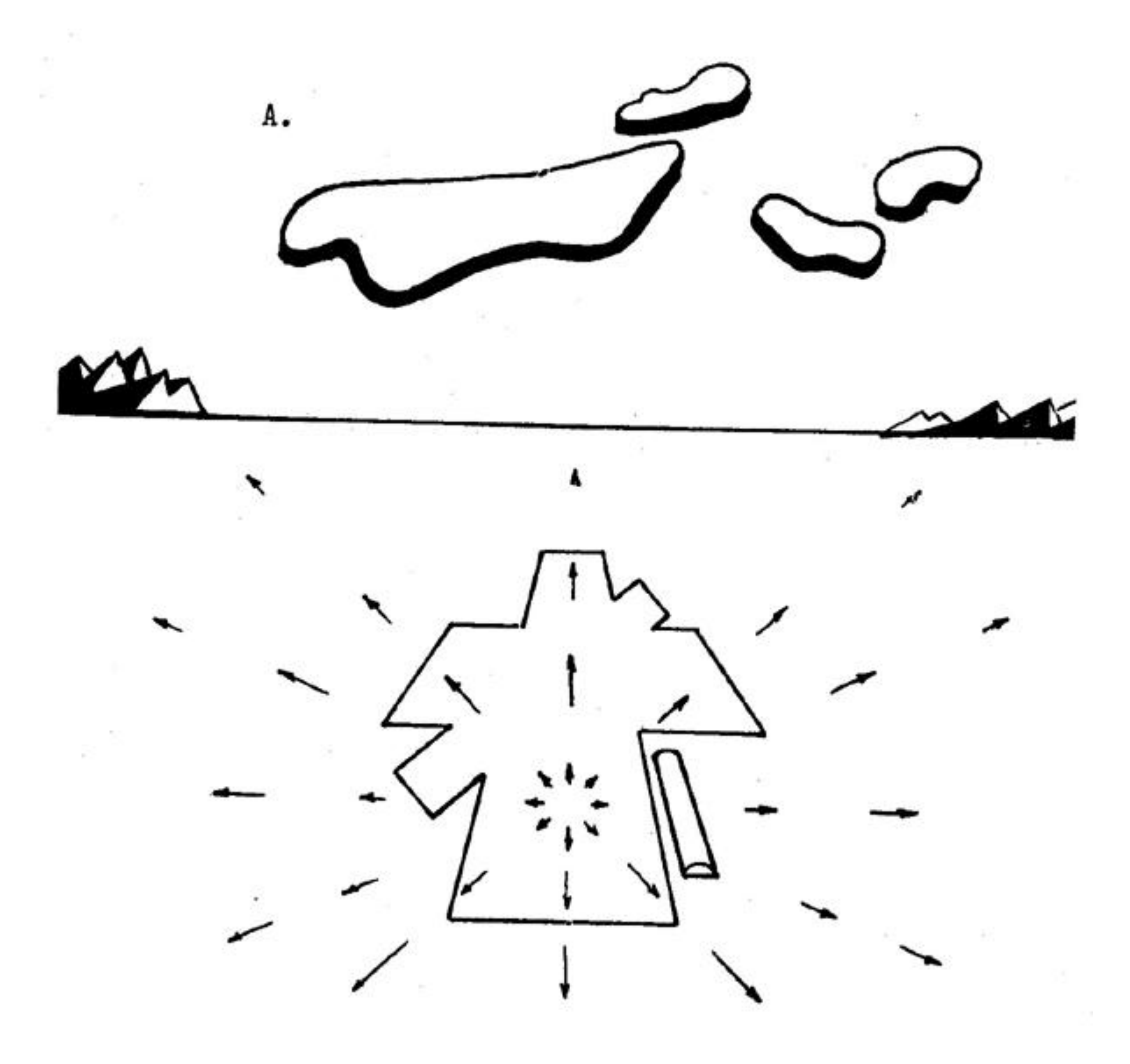


Рис. 51. Зрительная кинестезия (по Г.-Л. Тойберу, 1961)
А — посадка, Б — бреющий полет.

Оригинальное исследование различения глубины детьми в возрасте от 6,5 до 14 месяцев было проведено американскими авторами Э. Гибсон и Р. Уок.

Эксперименты, в которых участвовало 36 детей, состояли в следующем. Ребенок помещался в центре стола, поверхность которого была покрыта толстым стеклом. Специально подобранное освещение делало стекло практически незаметным. Под стеклом находился окрашенный в крупную яркую

141
клетку линолеум. С одной стороны от ребенка линолеум лежал непосредственно под стеклом, с другой — помещался прямо на полу, на 1,5 метра ниже поверхности стола.

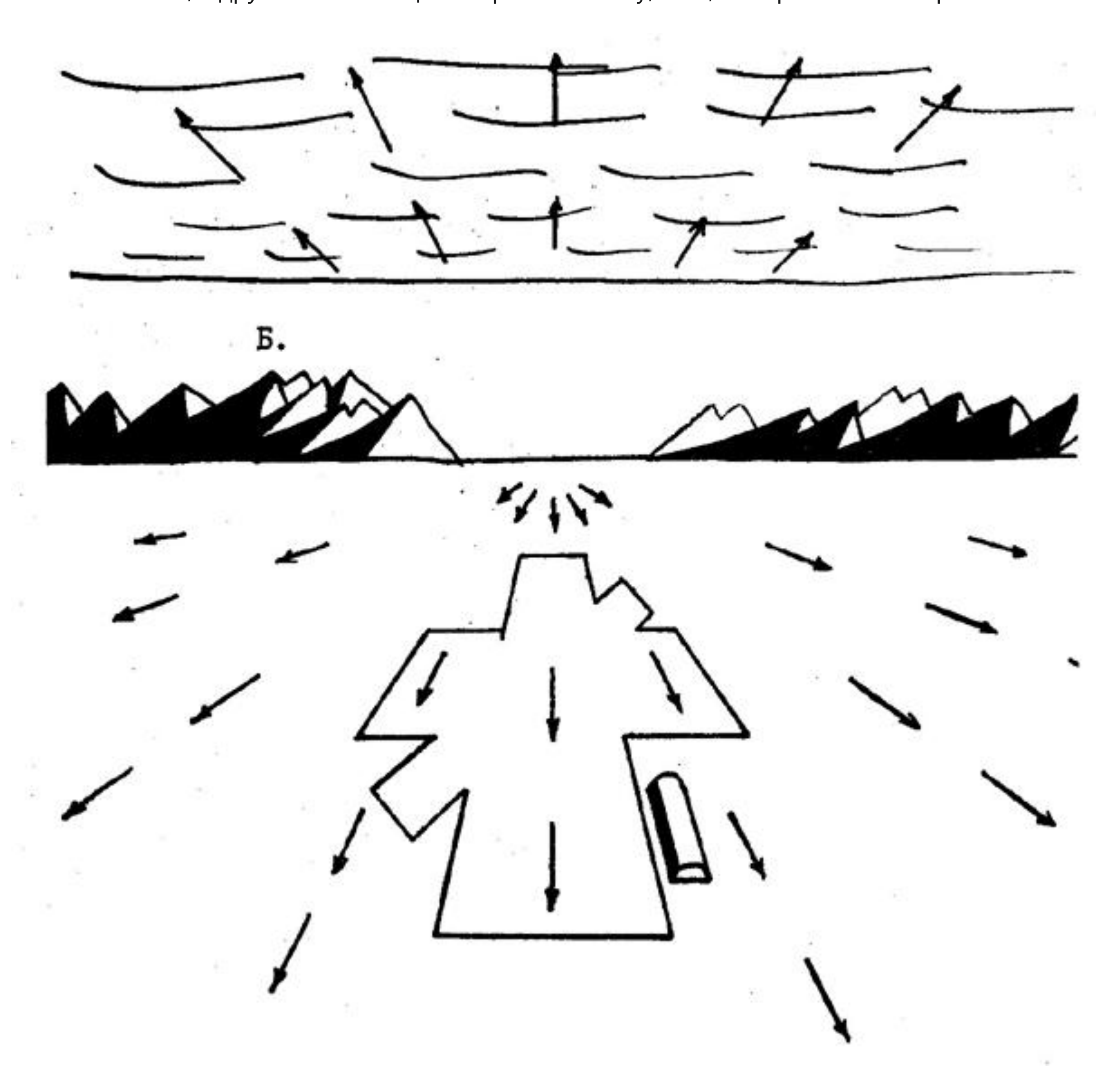


Рис. 51-Б. Бреющий полет.

Мать ребенка подходила к столу то с одной, то с другой стороны и, протягивая ребенку игрушку в течение двух минут, подзывала его к себе. 75% детей подползали к матери, когда их звали со стороны, где линолеум находился под стеклом. В тех случаях, когда мать подходила со стороны обрыва, где выкрашенная поверхность находилась на полу, только 8% детей направлялись к ней, 62% оставались

142
на месте, а 30% уползали в противоположном направлении (рис. 52). Авторы исследования сделали вывод, что дети, которые могут самостоятельно передвигаться, способны также зрительно оценить глубину.

А. В. Запорожец высказал предположение, что ребенок в этих опытах реагирует не на глубину, открывающуюся в обрыве, а на новизну ситуации, связанную с необходимостью перемещаться на новую поверхность. Это предположение подтверждают результаты контрольных опытов, в которых за пределами стола под

стеклом помещали блестящую фольгу. В этом случае ребенок также оставался на границе двух разных поверхностей.

Восприятие удаленности объекта представляет собой перцептивное действие, которое может выполняться при помощи большого числа различных операций. Прежде всего различаютбинокулярные и монокулярные механизмы восприятия глубины.

В основе бинокулярного восприятия удаленности лежит бинокулярный параллакс — различие в проекционных отображениях объекта на сетчатке левого и правого глаз, возникающее вследствие различий в пространственном положении обоих глаз. Мерой

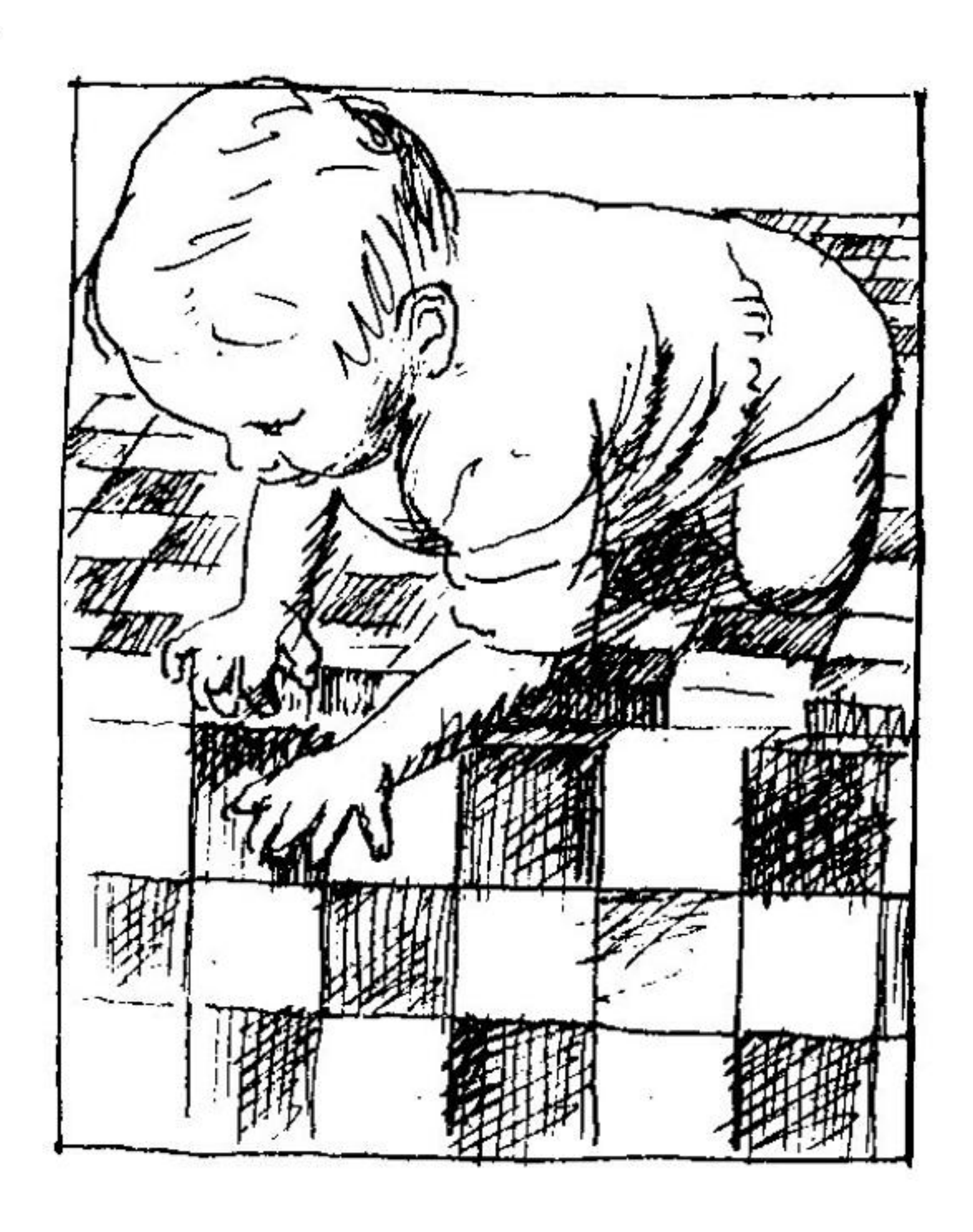


Рис. 52. Ребенок изучает земельный образ
(по Э. Гибсон и Р. Уок, 1960).

143
бинокулярного параллакса для данной точки пространства служит разность углов, под которыми она видна правому и левому глазу. Эта мера называется диспаратностью. Объекты, проецирующиеся на корреспондирующие точки сетчаток, воспринимаются слитными и расположенными во фронто-параллельной плоскости, называемой ядерной плоскостью. Диспаратность в этом случае равна 0. Любая точка, лежащая вне гороптера, как, например, точка С на рис. 48, проецируется на диспаратные точки сетчаток. В этом случае диспаратность определяется разностью углов φ_1 и φ_2, под которыми точка С видна левому и правому глазу.

Лучшим доказательством роли диспаратности в восприятии глубины служат эксперименты с изменением этого фактора, проводимые с помощью оптических устройств — стереоскопа и его разновидностей.

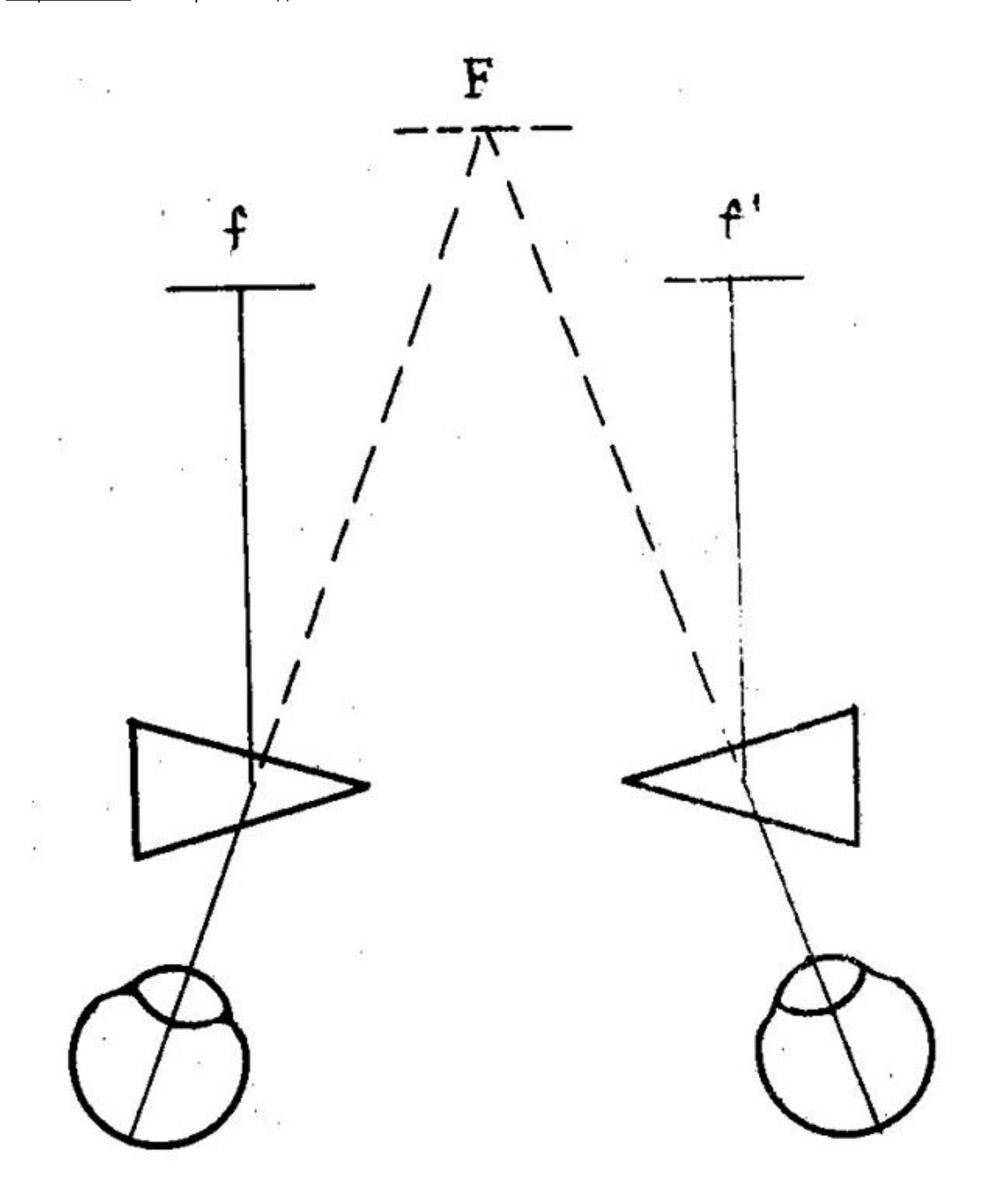


Рис. 53. Схема призматического стереоскопа
(по Р. С. Вудвортсу и Х. Шлосбергу, 1956).

Первый стереоскоп был сконструирован в 1838 году английским физиком Ч. Уитстоном. Одна из его поздних модификаций показана на рис. 53. Это устройство позволяет

144

независимо предъявлять каждому глазу несколько различные изображения одного и того же объекта, называемые стереопарами. При этом наблюдатель видит единый трехмерный объект. Напротив, когда стереопары идентичны, воспринимается всего лишь плоская картина. Если поменять местами правую и левую стереопары, то выступавшие вперед части трехмерного объекта станут казаться расположенными дальше и наоборот (рис. 54).

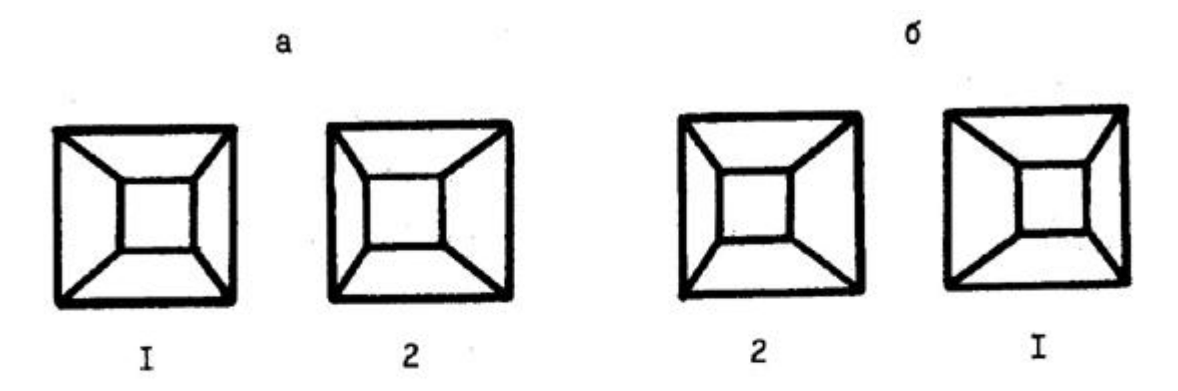


Рис. 54. Стереопары.
В случае "а" воспринимается усеченная призма,
в случае "б" — уходящий вдаль коридор.

Телестереоскоп и иконоскоп представляют собой вариант стереоскопа Ч. Уитстона, позволяющие видеть один и тот же объект под различными углами зрения. Если эти углы велики (рис. 55), то диспаратность оказывается завышенной. Это соответствует рассматриванию более далекого и более вытянутого в глубину предмета. Таким образом, телестереоскоп утрирует действительные различия в удаленности.

В случае иконоскопа диспаратность искусственно занижается и объемный предмет выглядит плоским, как икона (рис. 56).

145

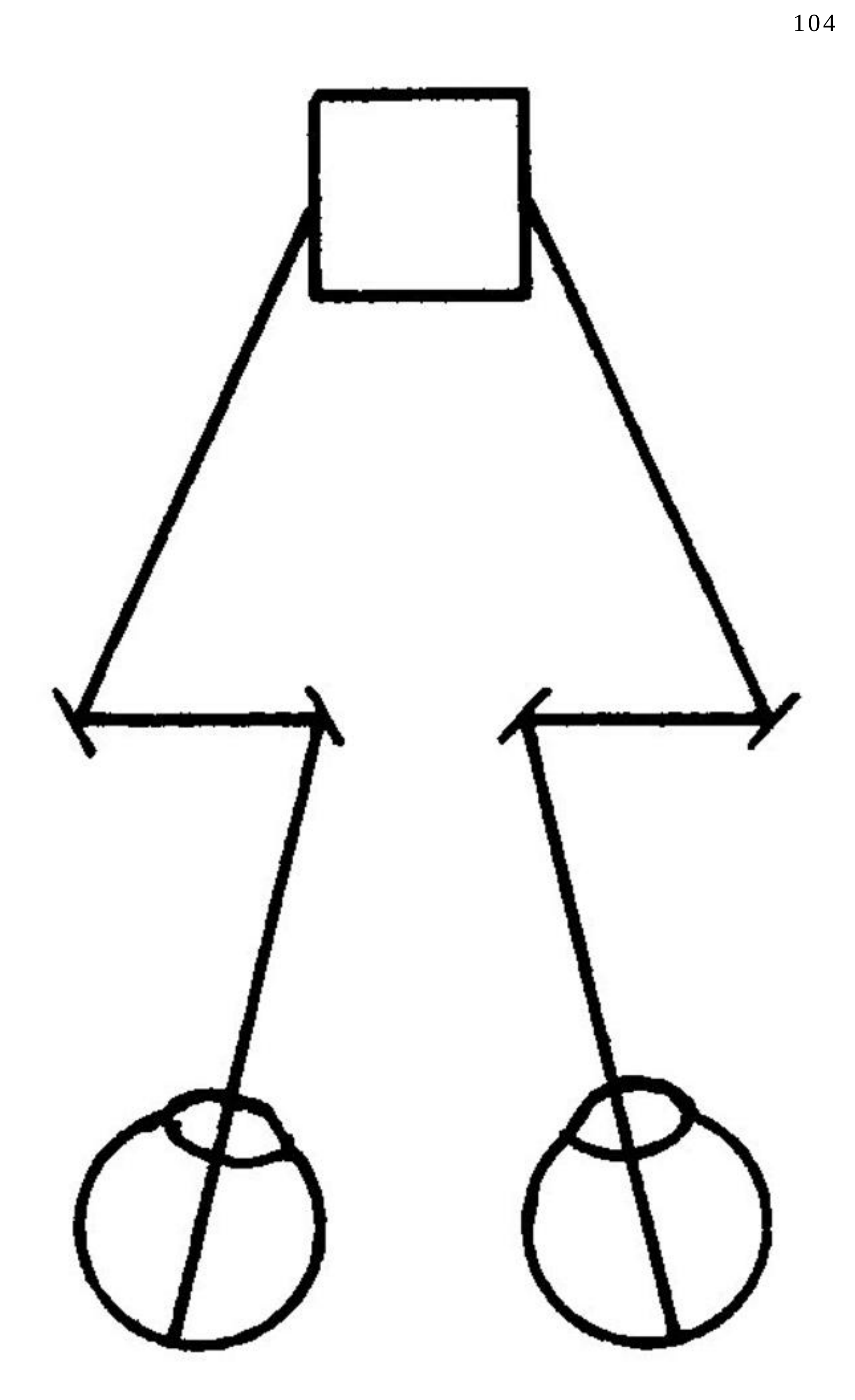


Рис. 55. Зеркальный телестереоскоп.

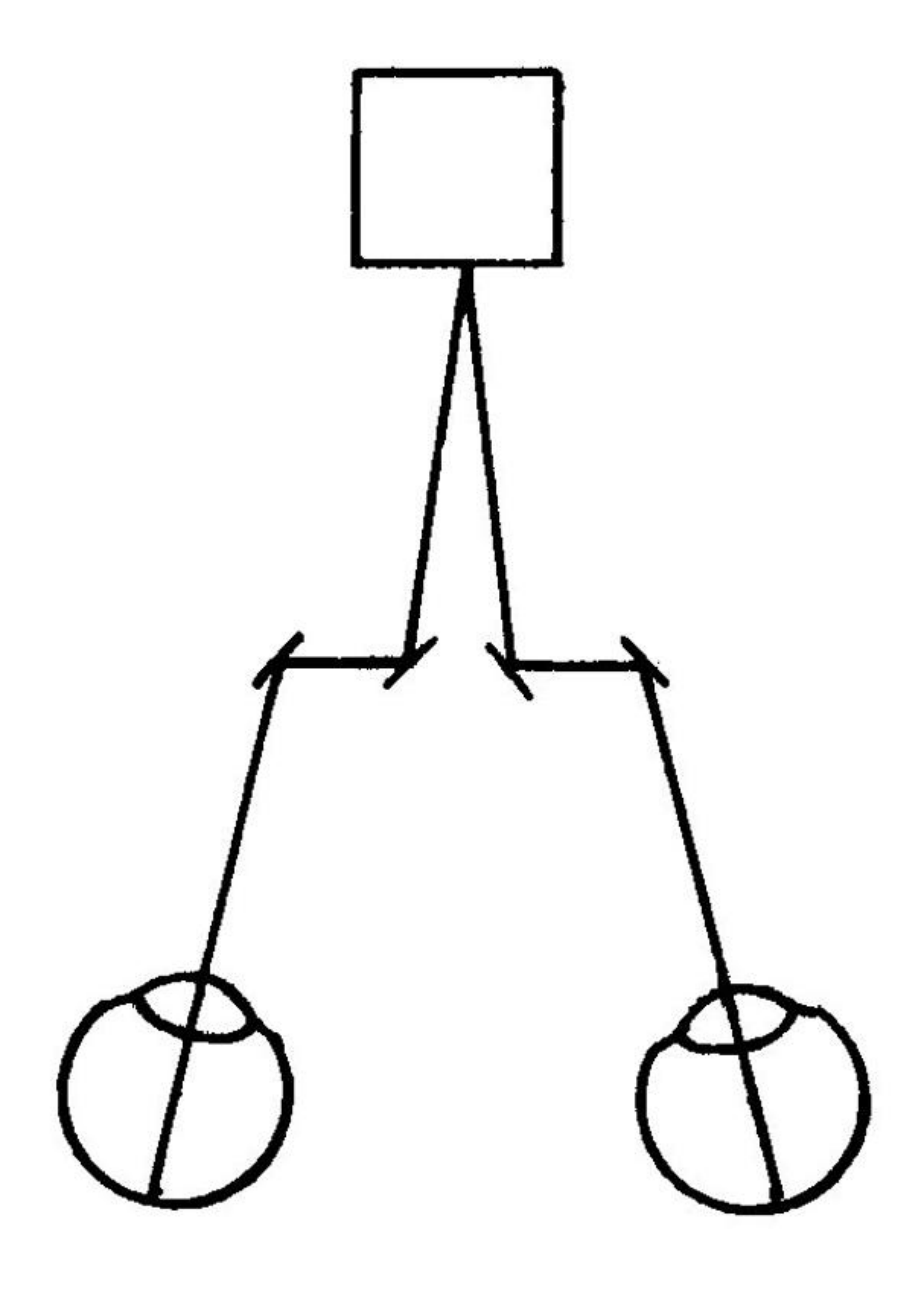


Рис. 56. Иконоскоп.

Псевдоскоп позволяет предъявить левому глазу то, что обычно видит правый глаз и наоборот (рис. 57).

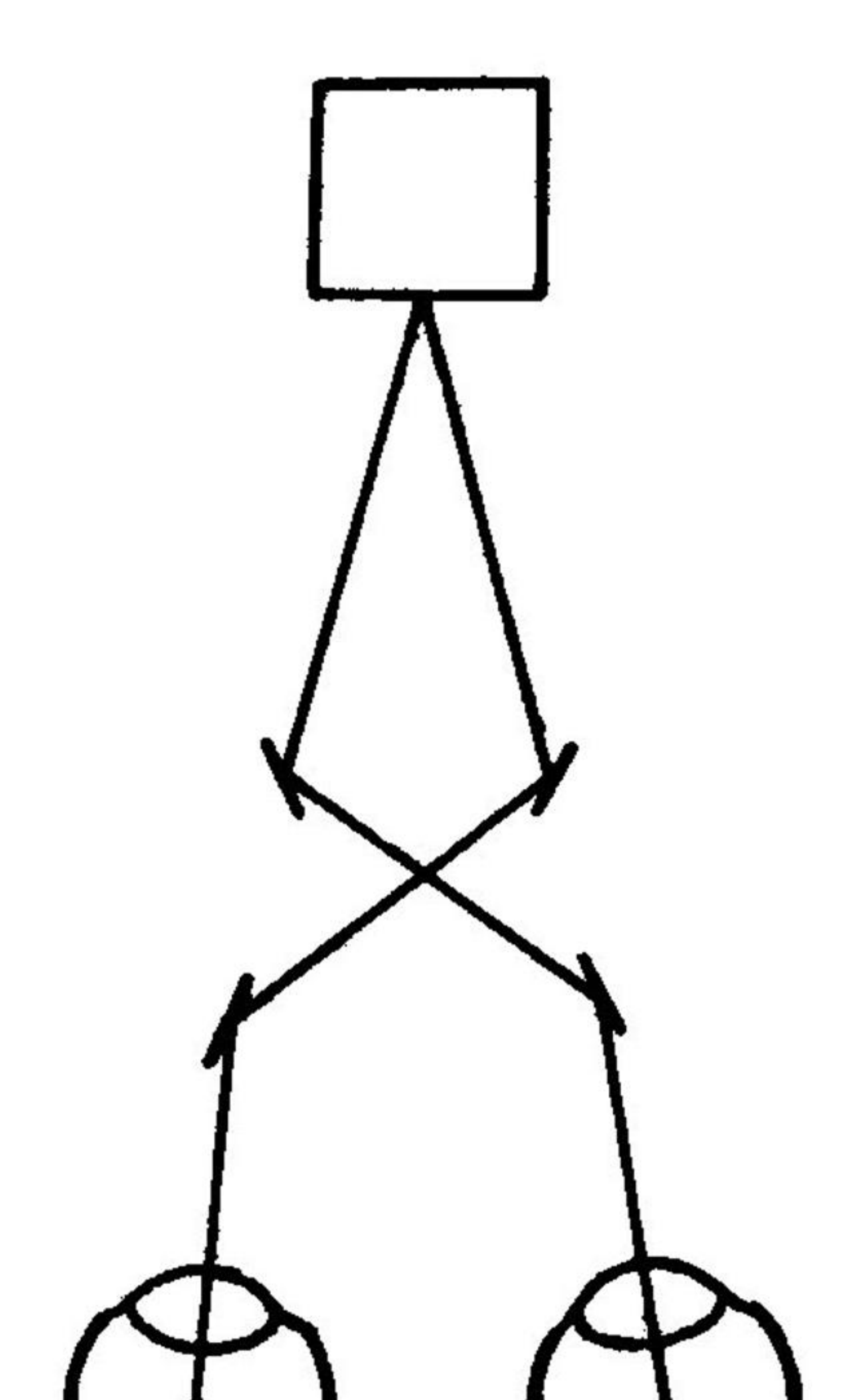


Рис. 57. Псевдоскоп.

При этом диспаратность оказывается обратной, так что удаленные детали объекта должны восприниматься ближе, а близкие — дальше. Как уже отмечалось выше (см. стр. 39) этот эффект имеет место не всегда (Б. Н. Компанейский, 1940; А. Пьерон, 1955).

В зависимости от величины диспаратности наблюдаются следующие качественно различные эффекты. Когда диспаратность невелика и объект проецируется практически на корреспондирующие точки сетчаток, то он воспринимается на том же расстоянии, что и фиксируемый объект. Минимальная диспаратность, приводящая к восприятию различий в удаленности, характеризует стереоскопическую остроту зрения. Обычно она равна примерно 15 угловым сек. Вплоть до значений диспаратности 15÷30 угловых мин. воспринимается единый объект, расстояние которого до ядерной плоскости возрастает с увеличением диспаратности. Эта область

147

значений диспаратности называется зоной Панума, по имени определившего ее в 1853 году немецкого физиолога П. Панума. При еще больших значениях диспаратности фузия оказывается невозможной, и возникает своеобразное явление, называемое бинокулярным соревнованием. Оно заключается в попеременном восприятии то одного, то другого изображения или их частей. Восприятие становится в этом случае необыкновенно лабильным, и на продолжительность видения одной из двух картин могут оказывать влияние такие факторы, как относительная яркость, количество деталей, значимость, степень внимания и т. п.

Единый трехмерный образ не является простым объединением воспринятых монокулярно диспаратных картин. На рис. 58 А, взятом из работы американского психолога Б. Юлеша (1964), не видно какой-либо формы ни на одном изображении, не заметно также и различий между ними. Когда же эти изображения предъявляются в качестве стереопар, возникает явно видимый объект, несколько выступающий из плоскости рисунка. Это происходит потому, что в одном из этих изготовленных вычислительной машиной идентичных узоров точек, незначительно смещена в сторону целая область, вследствие чего возникает эффективная диспаратность (рис. 58 Б). Поскольку исходный рисунок был случайным, смещение этого участка остается совершенно незаметным, пока изображения не предъявляются в качестве стереопар. Эти опыты показывают, что бинокулярное зрение в высшей степени чувствительно к пространственным различиям в стимуляции обоих глаз, даже когда при монокулярном наблюдении эти различия не осознаются наблюдателем.

В последнее время была высказана гипотеза о том, что бинокулярное стереовосприятие обусловлено не диспаратностью, как таковой, а микродвижениями глаз внутри зоны Панума (Г. Рорахер, 1971). При этом по очереди раздражаются то корреспондирующие, то диспаратные точки сетчаток. Пока еще трудно сказать, насколько верна эта гипотеза, но ее экспериментальная проверка проводится сразу в нескольких лабораториях.

148

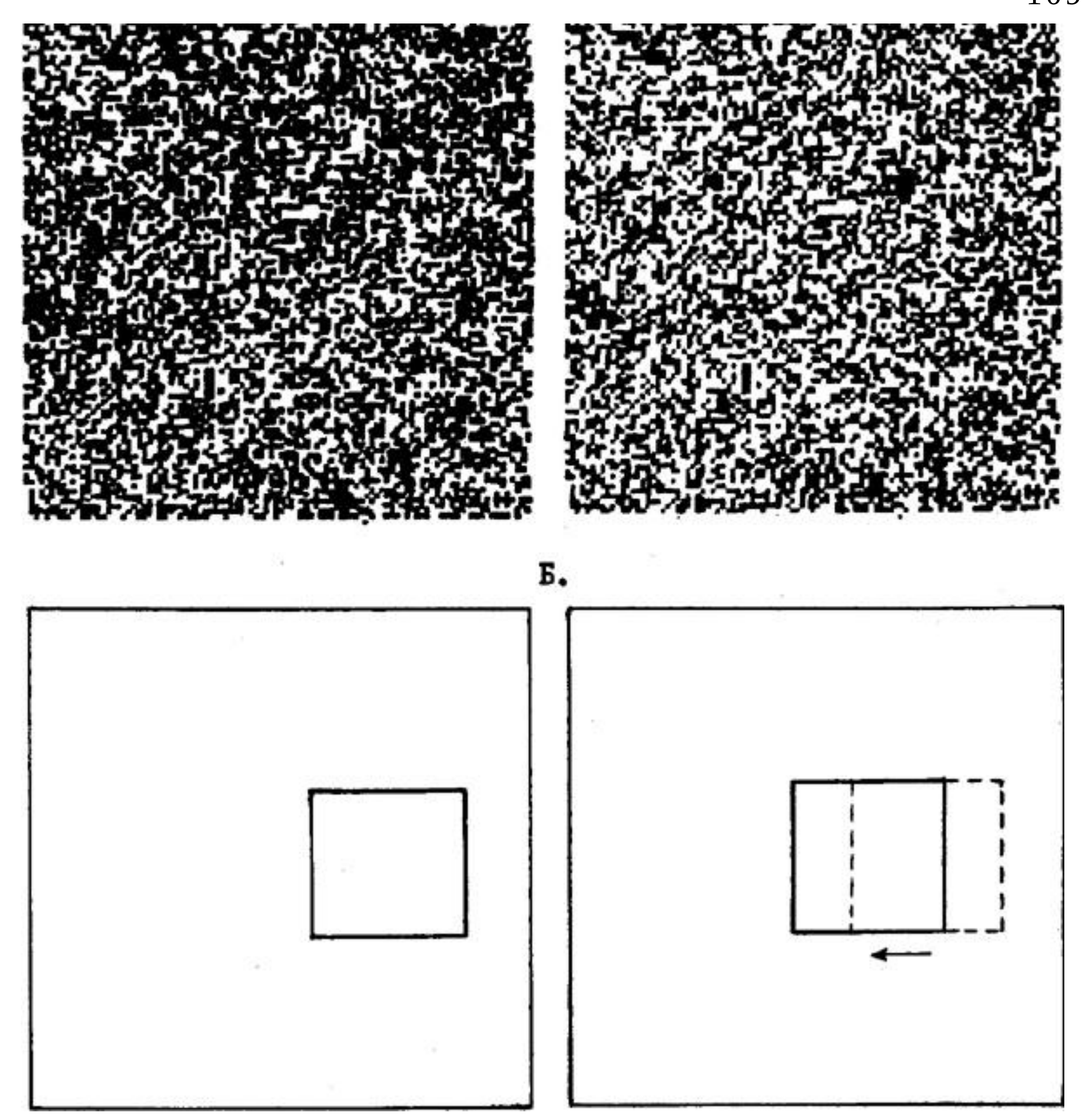


Рис. 58. Узоры Б. Юлеша (объяснения в тексте).
(По Дж. Хохбергу, 1965).

149

Диспаратность не является, по всей видимости, единственным действием бинокулярным признаком глубины. По мнению многих исследователей, не меньшую роль в бинокулярном глубинном зрении играют вергентные движения глаз (Ф. Кликс, 1971; У. Ричардс, 1971). Ранее значение вергентных движений для восприятия глубины отрицалось на том основании, что человек не осознает в полной темноте угол конвергенции своих глаз. Сейчас считается, что конвергенция регулирует механизм диспаратности. Когда наблюдатель фиксирует удаленный предмет, определенная диспаратность означает большие различия по глубине, чем в тех случаях, когда глаза конвергируют для восприятия близких объектов. Если бы при этом не учитывался угол конвергенции, то далекие объекты казались бы ближе друг к другу, чем близкие предметы, расположенные на том же расстоянии друг от друга.

Влияние вергентных движений на механизм оценки глубины по диспаратности довольно легко наблюдать, если изменить конвергенцию, сохранив прежнюю диспаратность. Это можно сделать с помощью зеркального стереоскопа. Если его

конструкция такова, что для рассмотрения близких объектов надо дивергировать глаза, ориентировав их на бесконечность, то объекты воспринимаются увеличенными и вытянутыми в глубину. Следовательно, та же степень диспаратности оценивается как признак больших различий по глубине. Этот пример доказывает существование единой вергентно-диспарационной системы оценки глубины (Р. Грегори, 1966).

В большой класс монокулярных признаков глубины входят все признаки удаленности, использование которых возможно и при монокулярном зрении. Значение монокулярного зрительного восприятия обычно недооценивается. Между тем, если учесть, что точная бинокулярная оценка расстояния возможна лишь на расстоянии до нескольких десятков метров, так что на расстоянии 500 метров ошибка может составить 100 метров, то становится понятным, что число повседневных восприятий, в которых видимая удаленность и трехмерность объектов связана с монокулярными признаками глубины, исключительно велико.

Наиболее важным монокулярным признаком удаленности является монокулярный параллакс движения. Он заключается в том, что

150

при боковых движениях наблюдателя, угловая величина противоположных по направлению смещений предметов в его зрительном поле обратно пропорциональна их удаленности. Когда при этом фиксируется объект, находящийся на средних расстояниях, то более далекие объекты начинают двигаться в направлении движения наблюдателя, примером чему служат видимые из окна поезда круговые движения ландшафта (рис. 59).

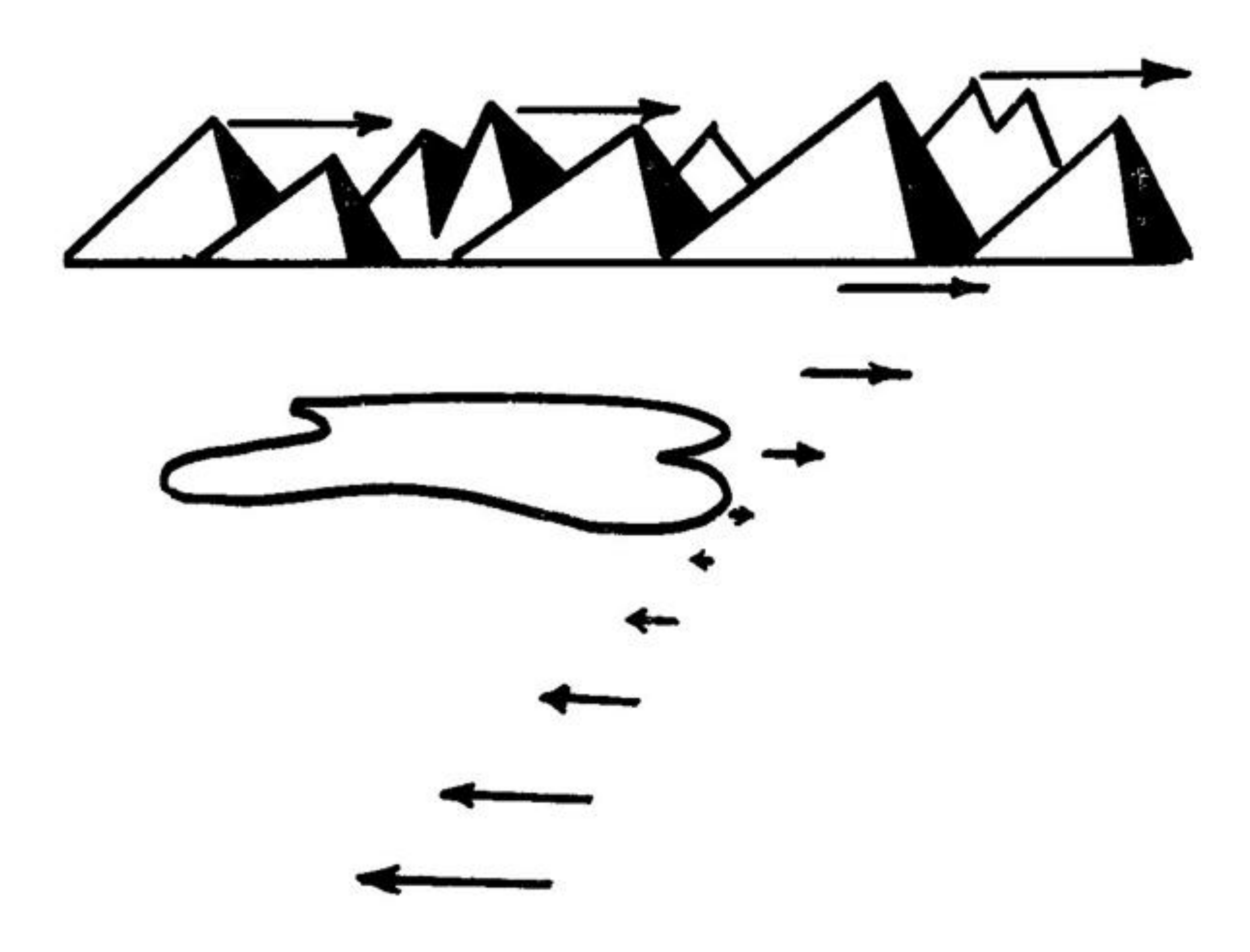


Рис. 59. Монокулярный параллакс движений при фиксации объекта (по Ф. Кликсу, 1965)

С помощью монокулярного параллакса движения можно оценить удаленность объектов столь же точно, как и при помощи бинокулярного зрения. В том случае, когда активные движения наблюдателя делаются невозможными, точность монокулярных оценок глубины ухудшается примерно в 20 раз.

Соотношение между активными движениями наблюдателя, параллактическим смещением предметов и их видимой удаленностью настолько определенно, что позволяет получить иллюзорную оценку удаленности. Для этого достаточно совмещать с движениями наблюдателя определенные реальные движения объектов. Если в результате изображения

151

близкого предмета будет смещаться с большей угловой скоростью, чем это должно было бы быть из-за его объективного удаления, то этот предмет воспринимается как еще более близкий.

Важным признаком глубины являются всевозможные перекрытия объектов, когда один из объектов закрывает другой, так что видимой остается только какая-то его часть. В этом случае первый объект видится ближе, чем второй. С помощью этого признака глубины можно определить, правда, только порядок удаленностей и ничего нельзя сказать об их величине. Особенно сильный пространственный эффект возникает в случае многих перекрытий, как, например, при взгляде на встающие друг за другом горные цепи (В. Метцгер, 1966). Если поверхности перекрывающихся объектов не имеют четких границ, вперед выступает объект с более широкой поверхностью. Как видно из рис. 60, это также действенный признак удаленности: наблюдателю трудно отделаться от противоречащего здравому смыслу впечатления, что удилище проходит за парусом лодки.

Оценка удаленности опирается и на различие в угловых размерах близких и далеких объектов.

Рис. 60. Парадоксальный рисунок. Удилище проходит за парусом лодки (по Г. Каниззе, 1969)

152

Одно из последних исследований зависимости видимой удаленности предмета от его размеров было проведено американским психологом Б. Эпштейном (1963). Он предъявлял своим испытуемым в полной темноте и при монокулярных условиях наблюдения искусно сделанные подделки американских монет. Расстояние предъявления было постоянным, величина же монет могла меняться в несколько раз. Результаты показали, что удвоение размеров монеты приводило к уменьшению видимой удаленности ровно в два раза, а уменьшение — к соответствующему росту воспринимаемого расстояния.

Наиболее сильный и определенный эффект глубины возникает, когда различия в величине одновременно видимых объектов и расстояний между ними не случайны, а подчиняются единому правилу возрастания от одного конца поверхности к другому (рис. 3). Конвергенция параллельных линий, уходящих вдаль, и любое перспективное уменьшение размеров объектов — только частные примеры этого градиента величин и плотностей (см. стр. 15). Очень важным для восприятия глубины пространства является восприятие поверхности земли, представленной, например, травою на лугу или бороздами пашни. Расстояние до отдельных предметов определяется местом, в котором они соприкасаются с наклонной поверхностью, например, стоят на ней.

Среди других монокулярных признаков удаленности можно отметить относительную высоту положения объекта в поле зрения. Использование этого признака для

оценки расстояния связано с тем, что в естественных условиях восприятия далекие объекты расположены выше, чем близкие.

На восприятие удаленности влияют различия в цвете, яркости по отношению к фону, в степени выраженности контуров и деталей внутри объектов. Действие этих признаков связано с воздушной перспективой, уменьшающей яркость и контрастность далеких предметов, а также сообщающей им голубоватый оттенок.

Влияние распределения света и тени на восприятие глубины еще не изучено полностью. Удалось установить, однако, одну характерную закономерность: наблюдатель неизменно предполагает, что источник света находится у верхней части поверхности, так что отбрасываемые выпуклыми деталями рельефа тени
153
закрывают их нижние стороны. Эту закономерность легко проследить с помощью рис. 61: если перевернуть страницу вверх ногами, то выпуклые участки станут вогнутыми ямками и, наоборот, вогнутые участки выступят вперед.

С восприятием глубины пространства тесно связано восприятие размеров предметов, которое характеризуется высокой константностью. Объективное отражение размеров объекта позволяет видеть его неизменным, когда величина его проекции на сетчатку меняется в несколько раз. Благодаря работе механизма константности величины видимые размеры объекта возрастают при увеличении его видимой удаленности.

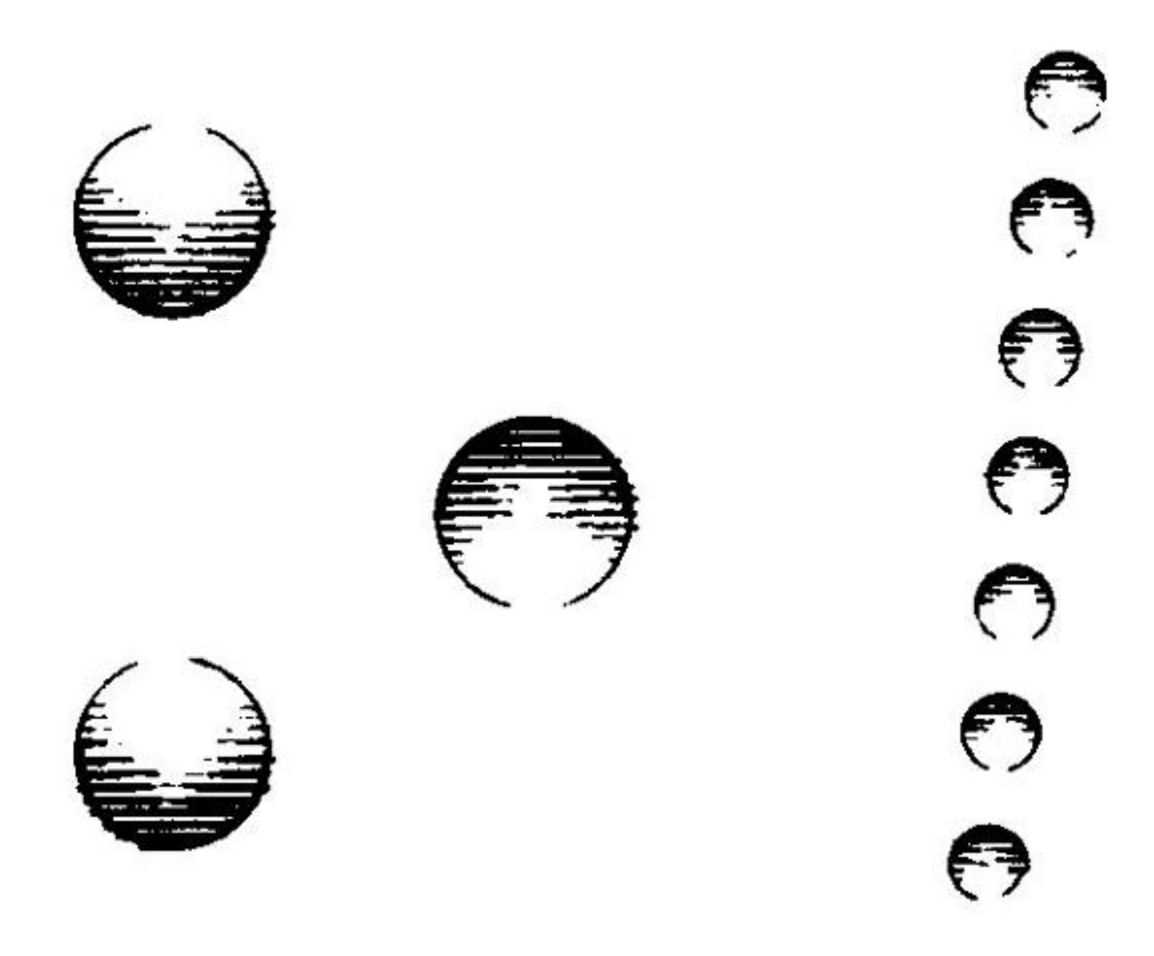


Рис. 61. Влияние предполагаемого направления освещения на рельеф глубины (по К. Ф. Финдту, 1938).

Это можно показать уже с помощью градиента Дж. Гибсона. Прежде всего отдельные элементы на рис. 3, воспринимаемые как элементы текстуры уходящей вдаль поверхности, кажутся равными по величине. Если же поместить на разных участках градиента два равных по величине объекта, их размеры будут восприняты с соответствующими искажениями.

По мнению ряда психологов, эти факты позволяют объяснить многие из так называемых "оптико-геометрических" иллюзий. Две части классической фигуры Мюллера-Лайера

154

(рис. 62), с этой точки зрения, могут интерпретироваться как трехмерные объекты — допустим, как угол двух стен комнаты и угол двух стен дома. В первом случае "стены" как бы удаляются от наблюдателя, и величина центральной вертикали рисунка переоценивается. Во втором случае центральная прямая, как наиболее "близкая" к наблюдателю часть изображения, напротив, недооценивается. Проверяя эту гипотезу на люминисцирующей модели фигуры Мюллера-Лайера, рассматриваемой в полной темноте, Р. Л. Грегори обнаружил высокую степень корреляции иллюзии с кажущейся удаленностью центральных прямых фигуры.

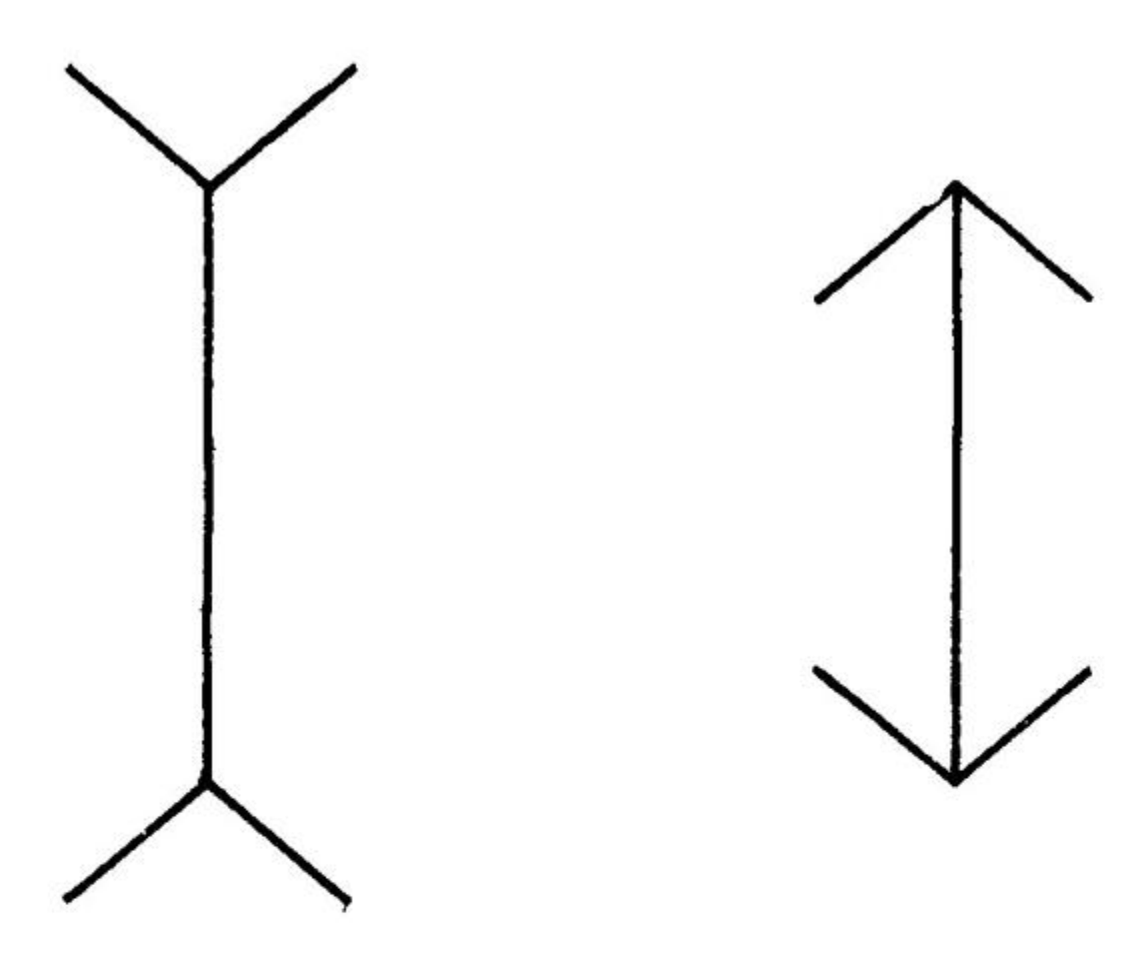


Рис. 62. Иллюзия Мюллера-Лайера

Влияние учета удаленности предмета на его воспринимаемую величину выступает даже в том случае, когда вместо реального предмета испытуемый наблюдает его последовательный образ. Еще в середине прошлого века немецкий физиолог Э. Эммерт установил, что величина

последовательного образа возрастает пропорционально расстоянию до экрана, на котором он наблюдается ("закон Эммерта", см. также стр. 115).
155

Значение присутствия признаков глубины для восприятия величины объекта было показано в классических экспериментах американских психологов Э. Боринга и А. Холуэя (1941).

> Испытуемый находился на перекрестке двух коридоров. В одном из них, на фиксированном расстоянии (3 м) помещался светящийся диск, диаметр которого можно было по желанию изменять. Во втором коридоре помещался другой диск, его удаленность менялась от 3 до 36 метров. Экспериментатор изменял размеры второго диска таким образом, чтобы независимо от расстояния до наблюдателя его угловая величина была равна 1°. Испытуемый подравнивал величину первого диска к величине второго. Опыты проводились в четырех различных условиях: 1) бинокулярное наблюдение, 2) монокулярное наблюдение, 3) монокулярное наблюдение через искусственный зрачок, закрывавший от испытуемого стены коридора, 4) монокулярное наблюдение, искусственный зрачок и черный материал на стенах, устраняющий какие-либо блики.
>
> На рис. 63 представлены результаты этого исследования. При первых двух условиях (кривые 1 и 2) имеет место константность и даже сверхконстантность восприятия. По мере того, как устраняются признаки удаленности, восприятие величины все больше и больше начинает определяться сравнением угловых размеров дисков (кривые 3 и 4).

Многочисленные исследования, проведенные в течение последних двадцати лет в разных странах, позволяют дополнить эту традиционную трактовку константности величины в одном существенном отношении. Оказалось, что испытуемые не могут оценить угловые размеры одиночного предмета в условиях полного исключения каких-либо указаний на его удаленность. Поэтому если размеры этого предмета неизвестны испытуемому из прошлого опыта, оценка его величины становится неопределенной (А. Х. Хасторф, 1950; Х. Валлах и Ф. Маккена, 1960; Л. А. Венгер, 1967).

Помимо удаленности предмета, учет которой позволяет видеть объект константным, на восприятие его величины влияет также структура окружения, в том числе размеры окружающих
156
объектов (см. стр. 34).

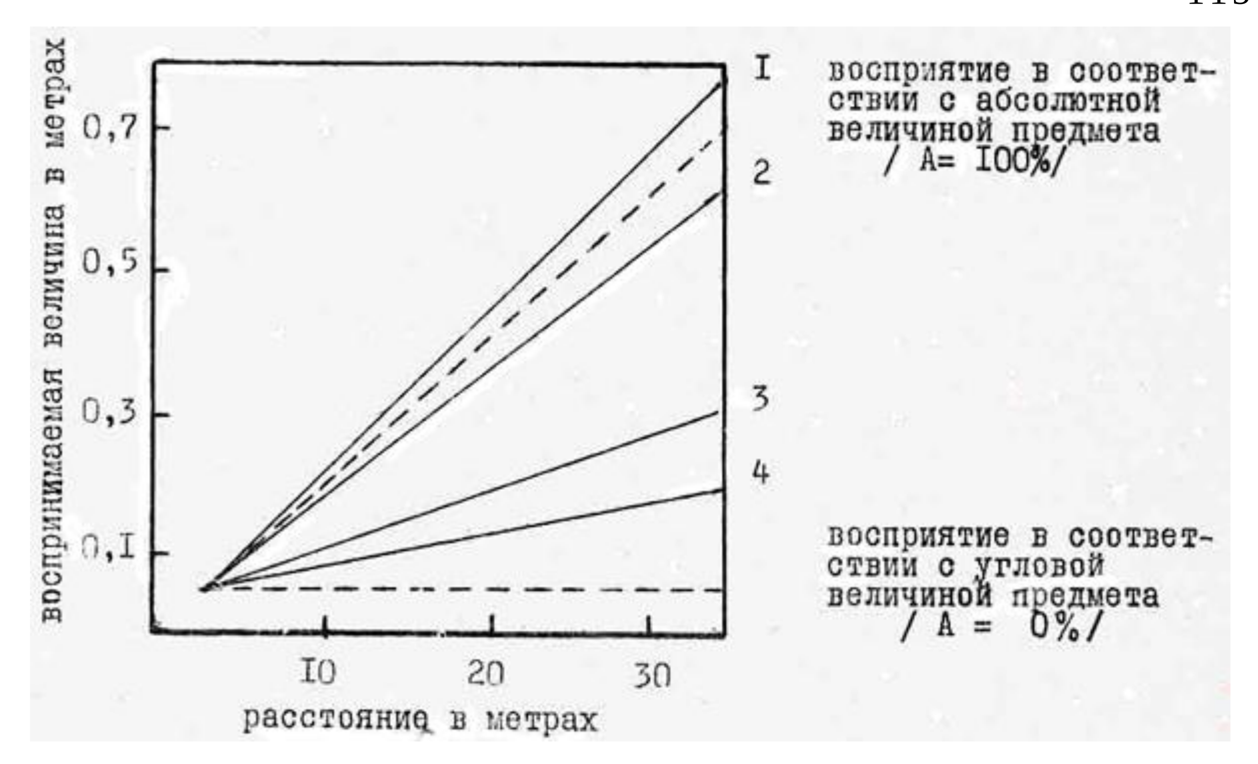


Рис. 63. Влияние признаков удаленности на восприятие величины (по Э. Борингу и А. Холуэю, 1941).
Справа в скобках указана величина коэффициента константности Э. Брунсвика для соответствующих штриховых линий

Одна из интересных демонстраций зависимости воспринимаемой величины предметов от окружающего их предметного фона была предложена американским художником А. Эймсом (1946). Он использовал то очевидное обстоятельство, что одной и той же монокулярной проекции соответствует бесконечное число трехмерных прототипов. При этом наше восприятие дает видимой картине возможно более предметное истолкование. В частности, можно изготовить комнату, которая при монокулярном наблюдении с фиксированной позиции кажется совершенно нормальной, но в действительности искажена и по форме далека от параллелепипеда (рис. 64, а). Задняя стена комнаты представляет собой трапецию, одна из вертикальных

157

сторон которой в 2 раза больше другой, но вследствие пропорционально большей удаленности кажется равной. Интересная иллюзия возникает, когда в эту комнату, называемую теперь комнатой Эймса, помещаются два человека (рис. 64, б). Ошибочная оценка размеров и формы комнаты приводит к искаженному восприятию их роста: человек, стоящий в объективно дальнем углу, кажется значительно меньше, чем человек в ближнем углу.

Было бы ошибкой думать, что восприятие пространства осуществляется лишь с помощью указанных механизмов. Зрительное отражение окружающего трехмерного пространства неразрывно связано с переработкой интермодальной информации, главными источниками которой служат другие перцептивные системы: слуховая, вестибулярная, кожно-мышечная. Важную роль в пространственной ориентации, особенно во время активных перемещений наблюдателя, играет кратковременная память. Она позволяет хранить информацию о положении предметов после того как они исчезли из поля зрения наблюдателя и, кроме того, синтезировать эту информацию в единый симультанный образ окружения.

Достаточно убедиться, как легко представить стены комнаты у себя за спиной — подобное симультанное "виденье" окружения является существенным моментом пространственного восприятия и необходимым условием действия во внешнем мире.

В силу столь сложной структуры процессов восприятия пространства его центральные мозговые механизмы связаны не со зрительными отделами коры, а с так называемыми третичными зонами, расположенными в теменно-затылочно-височной области коры (поля 39 и 40 по Бродману). Эти зоны являются зонами перекрытия информации, поступающей по различным сенсорным каналам, что дает возможность объединить ее в одно симультанное пространственное поле.

Участие третичных зон коры в восприятии пространства можно особенно отчетливо видеть, наблюдая те случаи, при которых нарушается нормальная работа этих отделов мозговой коры.

Как показали нейропсихологические наблюдения, больные с поранением теменно-затылочных отделов коры (как левого, так и правого полушария) сохраняют отчетливое

158

Рис. 64. Комната Эймса
(по Р. Л. Грегори, 1970)

зрение и не страдают нарушением зрительного восприятия или "оптической агнозией". Однако, эти больные оказываются не в состоянии четко различать координаты пространства: они не могут ориентироваться в расположении комнат, поворачивая направо, вместо того, чтобы идти налево; им трудно правильно оценить

159

расположение стрелок на часах, так как они путают симметрично расположенные точки, обозначающие "3" и "9"; наконец, эти больные не могут ориентироваться в географической карте, смешивая "Восток" и "Запад", неправильно указывая расположение тех пунктов (городов, морей, рек), которые раньше были им хорошо знакомы. На рис. 65 показан пример подобного нарушения пространственного восприятия географической карты у больного с поражением теменно-затылочных отделов коры.

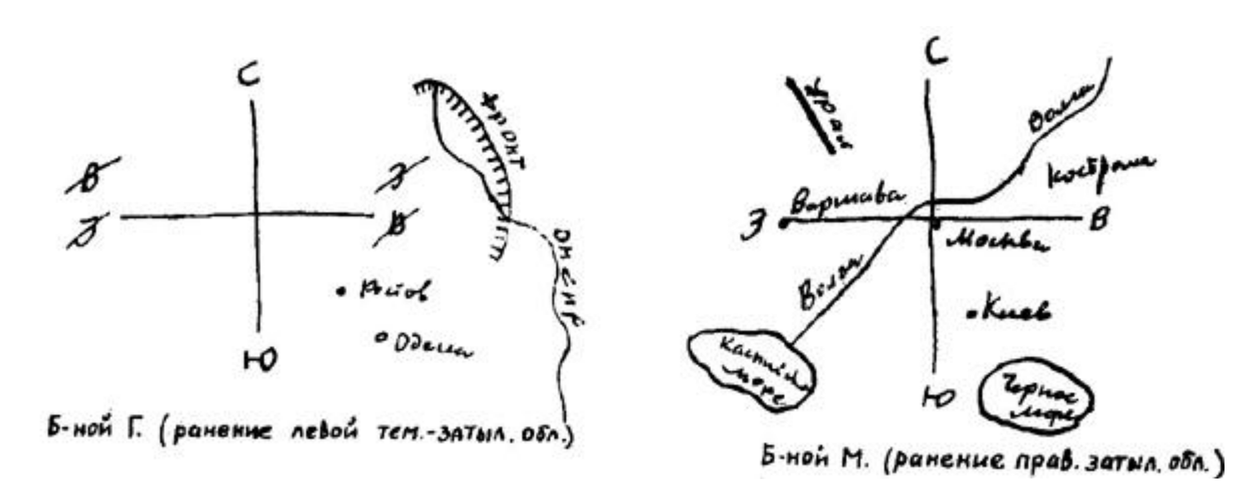


Рис. 65. Нарушение пространственного восприятия географической карты у больного с поражением теменно-затылочных отделов мозга

(по А. Р. Лурия, 1969)

Характерно, что наблюдаемые в этих случаях нарушения пространственного восприятия неизбежно приводят к нарушению пространственной организации практических действий, что проявляется в невозможности улавливать пространственные отношения при конструировании механических схем ("конструктивная апраксия"), в ошибочной ориентации букв при письме ("пространственная аграфия") и т. д.

Таким образом, поражения теменно-затылочно-височных отделов коры приводят к нарушениям, в которых дефекты пространственного восприятия слиты с нарушениями действия в пространстве. Поэтому подобные нарушения обычно обозначаются как "апрактагнозии".

160

5. Восприятие движения

Воспринимаемое движение является отражением изменения положения объекта в пространстве.

Для животных именно движущиеся предметы могут представлять потенциальную опасность или, наоборот, пищу. Поэтому существует мнение, что развитие зрительного восприятия в филогенезе началось с отражения движения, которое лишь потом стало дополняться все более и более точным отражением других характеристик объектов.

Перемещение объектов в зрительном поле является одним из наиболее сильных раздражителей нейронов на различных уровнях зрительной системы. Особенно интересными оказались данные американских физиологов Д. Х. Хьюбела и Т. Н. Визела (1962), показавших, что в затылочных долях коры головного мозга млекопитающих существуют детекторы направления — специализированные нейроны, отвечающие только на определенное направление движения объекта в зрительном поле (рис. 66).

Рис. 66. Детектор направления движения Хьюбела и Визела (по Р. Л. Грегори, 1966)

Первоначальное положение полоски изображено сплошным контуром, направление движения — стрелками, конечная позиция — пунктирным контуром. Движение вверх и вправо вызывает максимальный ответ. Возвращение полоски в исходное положение ответов не вызывает

Некоторые особенности эволюционного развития зрительной системы сохранились в строении сетчатки глаза человека, переферические

161

участки которой чувствительны, главным образом, к движению объекта. Нижний абсолютный порог скорости движения периферии зрительного поля равен нескольким градусам в секунду, а в центральном зрении — 2—2 угловых мин/сек. Пороги скорости сильно зависят от условий наблюдения. В том случае, когда движение наблюдается в безориентирном поле, величина порогов возрастает не менее чем в 10 раз.

При обнаружении на периферии движущейся цели, глаза совершают на нее саккадический скачок, и затем сохраняют фиксацию с помощью следящих движений, воспроизводящих скорость и траекторию движения объекта. Хотя движение объекта может быть воспринято и без следящих движений глаз, например, при фиксации детали неподвижного фона, адекватная оценка скорости движения возможна только при их участии. Как показали исследования, скорость объекта переоценивается в случае неподвижного положения глаз в 1,5—2 раза. Это явление было открыто во второй половине XIX века немецкими учеными Х. Аубертом и Э. Фляйшлем, и поэтому известно сейчас как феноменАуберта-Фляйшля.

В условиях слежения за движущимся объектом его скорость оценивается по отношению к окружающему фону. Так как обычно значительная часть объектов в поле зрения неподвижна, то при помощи этой операции субъект получает объективные сведения о скорости движения цели. Однако, в тех исключительных случаях, когда большинство объектов начинает одновременно двигаться в одном направлении возникает ошибка в оценке скорости, наиболее ярко выступающая как иллюзия индуцированного движения. Эта иллюзия заключается в восприятии кажущегося движения неподвижных объектов, рассматриваемых на фоне движения окружающего объектного поля. Примерами индуцированного движения могут служить "полет" луны относительно "неподвижных" облаков или впечатление собственного движения у наблюдателя, смотрящего с моста в текущую воду. Во всех этих случаях направление иллюзорного движения противоположно направлению движения окружающих объектов.

Долгое время считалось, что индуцированное движение возникает или вследствие движений ретинального изображения цели по сетчатке во время микродвижений глаз или в результате усилия, которое совершает наблюдатель,

162

чтобы фиксировать неподвижный объект, а не отслеживать движущийся фон. Впервые на возможную функцию фона как системы отсчета для воспринимаемого движения указал гештальтпсихолог К. Дункер (1928). Конкретным механизмом иллюзии он считал электрические процессы в коре головного мозга: движение возбудительного процесса, соответствующего фону вызывает по механизму электромагнитной индукции противоположное движение очага возбуждения, соответствующего неподвижному объекту.

В последнее время были проведены исследования, включавшие регистрацию микродвижений глаз во время индуцированного движения и при адекватном восприятии (Б. М. Величковский, 1971). Эти исследования показали, что ни движения проекции цели по сетчатке, ни моторные команды, приводящие к корректирующим положение глаз движениям не могут объяснить возникновения этой иллюзии, которая связана с отмеченным относительным характером перцептивной операции оценки скорости предмета.

Присутствие неподвижных объектов в зрительном поле позволяет правильно оценить скорость объекта, а их устранение приводит к тому, что восприятие различных параметров движения становится неопределенным. Это было показано в специальных опытах, во время которых неподвижные объекты предъявлялись в полной темноте или в безориентирном поле. Испытуемый воспринимал в этом случае хаотическое движение объекта. Эта иллюзия получила название автокинетической иллюзии.

Движение может восприниматься и в отсутствие движения изображения цели или фона по сетчатке, примером чему служит стробоскопическое движение. Оно наблюдается при попеременном зажигании двух источников света. Если временной интервал между вспышками меньше 30 мсек, то наблюдатель видит просто одновременные вспышки в двух разных точках зрительного поля; если интервал больше 200 мсек, то воспринимаются раздельные вспышки света сначала в одном, а потом в другом месте. При интервалах промежуточной длительности

и возникает иллюзия: наблюдатель видит единый объект, движущийся от места первой вспышки к месту второй. Эта иллюзия используется в киноматографе,
163
где смена изображений с частотой 24 кадра в секунду приводит к тому, что зрители воспринимают дискретные изменения положений предметов как непрерывное движение.

Одно из первых описаний стробоскопического движения дал американский физик Р. В. Вуд в 1905 году: "... Медленно поворачивая винт монохроматора, вращавший призмы и тем самым менявший цвет возбуждающих лучей, я увидел как бы колебательное движение или вибрацию линий спектра флуоресценции вправо и влево. Это походило на отражение лунного света в ряби на поверхности воды. ... При более внимательном наблюдении обнаружилось, что линии на самом деле не движутся, а пропадают на одном месте и появляются в другом ..."[x)].

Стробоскопическое движение было подробно изучено одним из основателей гештальтпсихологии М. Вертхаймером (1912). Он предложил назвать эту иллюзию ФИ-движением (феноменальным движением), так как оно существует только в восприятии. По мнению гештальтпсихологов, ФИ-движение возникает в результате происходящего в 17 поле коры "короткого замыкания" электрических процессов, соответствующих двум источникам света.

Это объяснение противоречит полученным в последнее время данным, показывающим, что для возникновения ФИ-движения существенно пространственное разделение раздражителей. Например, ФИ-движение не возникает в том случае, если в результате движения глаза вспыхивающий в одном и том же месте источник света проецируется на разные участки сетчатки.

Более того, было показано, что значения временного интервала между вспышками, необходимые для возникновения стробоскопического движения, определяются не угловым расстоянием между стимулами, как это следует из гипотезы "короткого замыкания, а абсолютным или, вернее,
164
воспринимаемым расстоянием между ними (Б. М. Величковский, 1972). Таким образом, до возникновения ФИ-движения осуществляются такие важные операции пространственного восприятия, как оценка удаленности и расстояния между объектами.

6. Восприятие формы

Формой называются характерные очертания и взаимное расположение деталей предмета. Форма является наиболее надежным признаком вещи, остающимся неизменным при изменениях ее цвета, величины, положения и т. п. Поэтому среди перцептивных задач, решаемых зрительной системой, восприятие формы занимает едва ли не главное место.

Трудность восприятия формы определяется не только сложностью формы самих предметов. Очень важно выделить предметы в их естественном окружении, которое, как правило, постоянно меняется и никогда точно не воспроизводится.

Обычно в поле зрения одновременно находится огромное число объектов, которые могли бы образовывать самые различные конфигурации. Тем не менее мы легко узнаем известные нам предметы, даже если они предъявляются в необычном ракурсе и освещении. Более того, человеку и высшим животным не требуется специального обучения, чтобы воспринять незнакомый предмет в незнакомом окружении как обособленное целое.

Превращение сложного поля объектов в различимые предметы, обладающие определенной формой, происходит благодаря выделению в нем фигуры и фона. Фигура имеет характер вещи. Это — выступающая вперед и относительно устойчивая часть видимого нами

мира. Фон имеет характер неоформленного окружения. Он как бы отступает назад и кажется непрерывно продолжающимся за фигурой.

Это важное разграничение было введено в начале нашего века датским психологом Э. Рубиным. Вскоре выяснилось, что фигура и фон отличаются не только по своим описательным характеристикам. Так например, изменение яркости участка фигуры замечается испытуемым позже, чем такое же изменение яркости участка фона, а значит дифференциальные пороги яркости выше

165

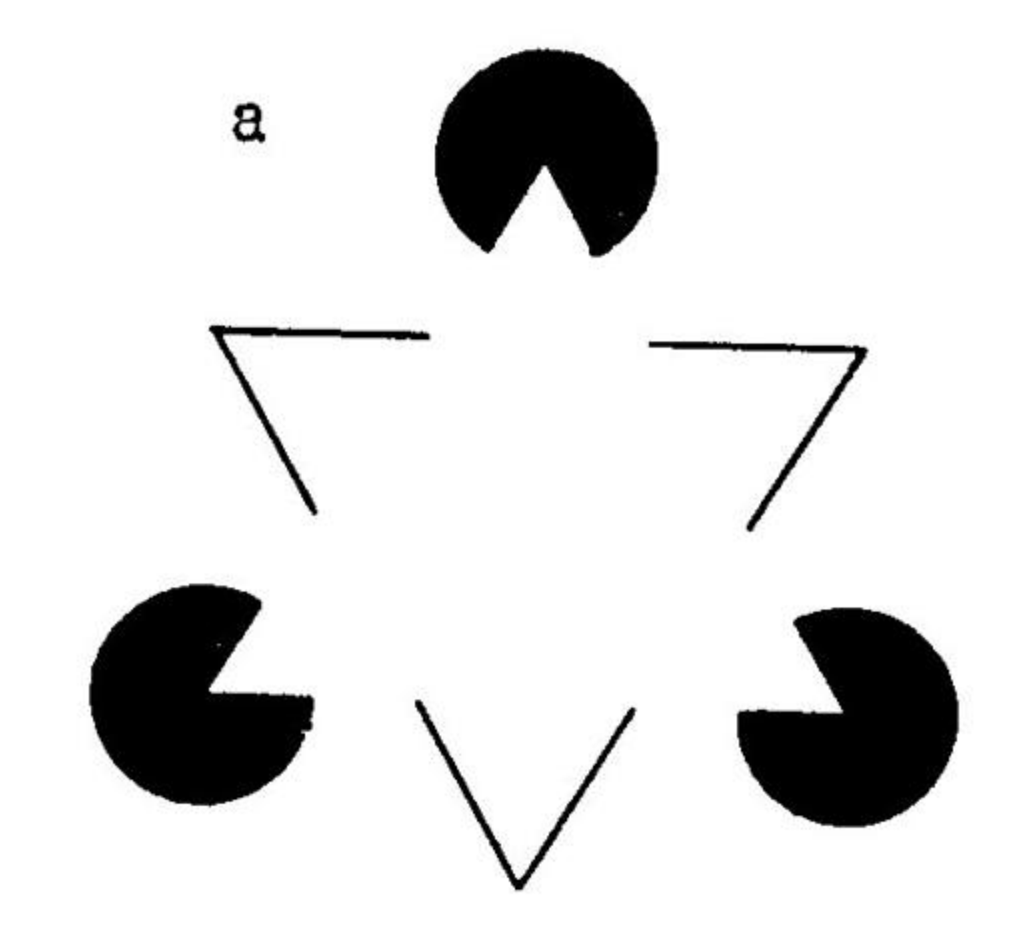
для фигуры, чем для фона. Еще более важным является открытый немецким психологом А. Гельбом (1929) факт, согласно которому константность цвета имеет место главным образом для фигуры, но не для фона. Таким образом, было экспериментально подтверждено, что фигура в отличие от фона представляет собой стабильное и константное образование.

В ряде случаев необходимым условием восприятия фигуры является выделение контура — границы между поверхностями, отличающимися по яркости, цвету или текстуре. Значение контура для восприятия формы доказывается, в частности, экспериментами по последовательной маскировке фигур.

> Первые исследования такого рода были проведены немецким психологом Х. Вернером (1935). Он предъявлял испытуемым в одном и том же участке поля зрения с интервалом около 150 мсек две фигуры: сначала черный круг, а затем черное кольцо, внутренний край которого в точности совпадал с границей круга. При этих условиях испытуемый видел кольцо, но круг им не воспринимался. Если порядок предъявления был обратным, то испытуемый видел оба объекта. Эти результаты можно объяснить, предположив, что в тот момент, когда предъявляется кольцо, контур круга еще не успевает полностью образоваться, и воспринимается как внутренний край кольца. Таким образом, в этой ситуации без контура нет и фигуры.

Однако, столь явно роль контура выступает далеко не всегда. Иногда фигура вообще не обладает контуром. У фигуры, изображенной на рис. 67 а, контур только намечен, но она воспринимается вполне отчетливо. В то же время на рис. 67 б присутствуют те же самые элементы контура и тем не менее увидеть фигуру на этом рисунке очень трудно. Значит, наличие контура еще не обеспечивает автоматически выделение фигуры. Более того, можно предположить, что сам контур воспринимается и запоминается главным образом как элемент данной фигуры. Об этом говорят результаты экспериментов, показавшие, что знакомый контур не опознается испытуемыми, если по сравнению с первым его предъявлением поменять местами фигуру и фон (Р. Вудвортс и Х. Шлосберг, 1954).

166


а

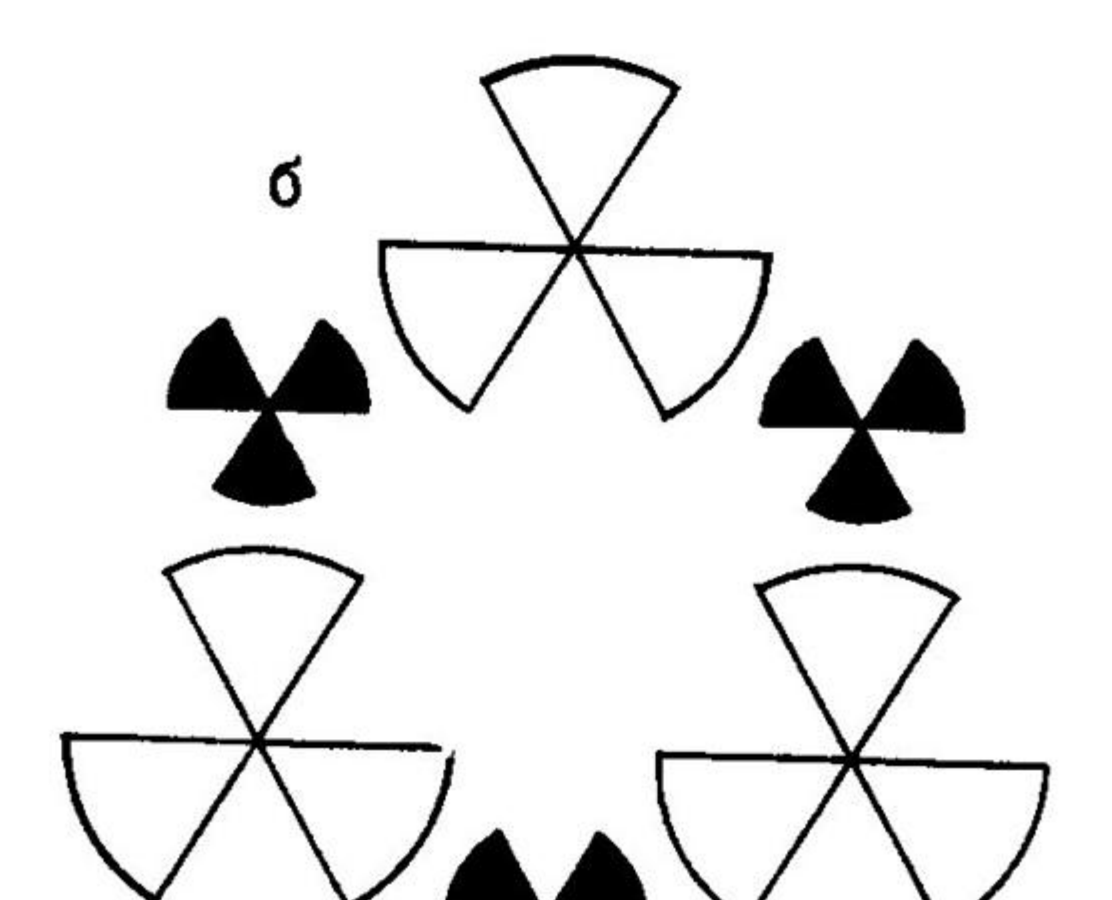

б

Рис. 67. Фигура и контур
(по В. Метцгеру, 1966)

167

Исследование факторов, определяющих выделение фигуры из фона или, как иногда говорят, перцептивную организацию, было проведено представителями гештальтпсихологии. В 1924 году М. Вертхаймер установил существование целого ряда таких факторов. К ним относятся:

1. Сходство. В фигуру объединяются элементы, имеющие близкие свойства, например, обладающие похожими формой, цветом, величиной, текстурой и т. п. Вертикальные колонки из крестиков и ноликов, воспринимаемые на рис. 68, представляют собой пример перцептивной организации, возникающей под действием этого фактора.

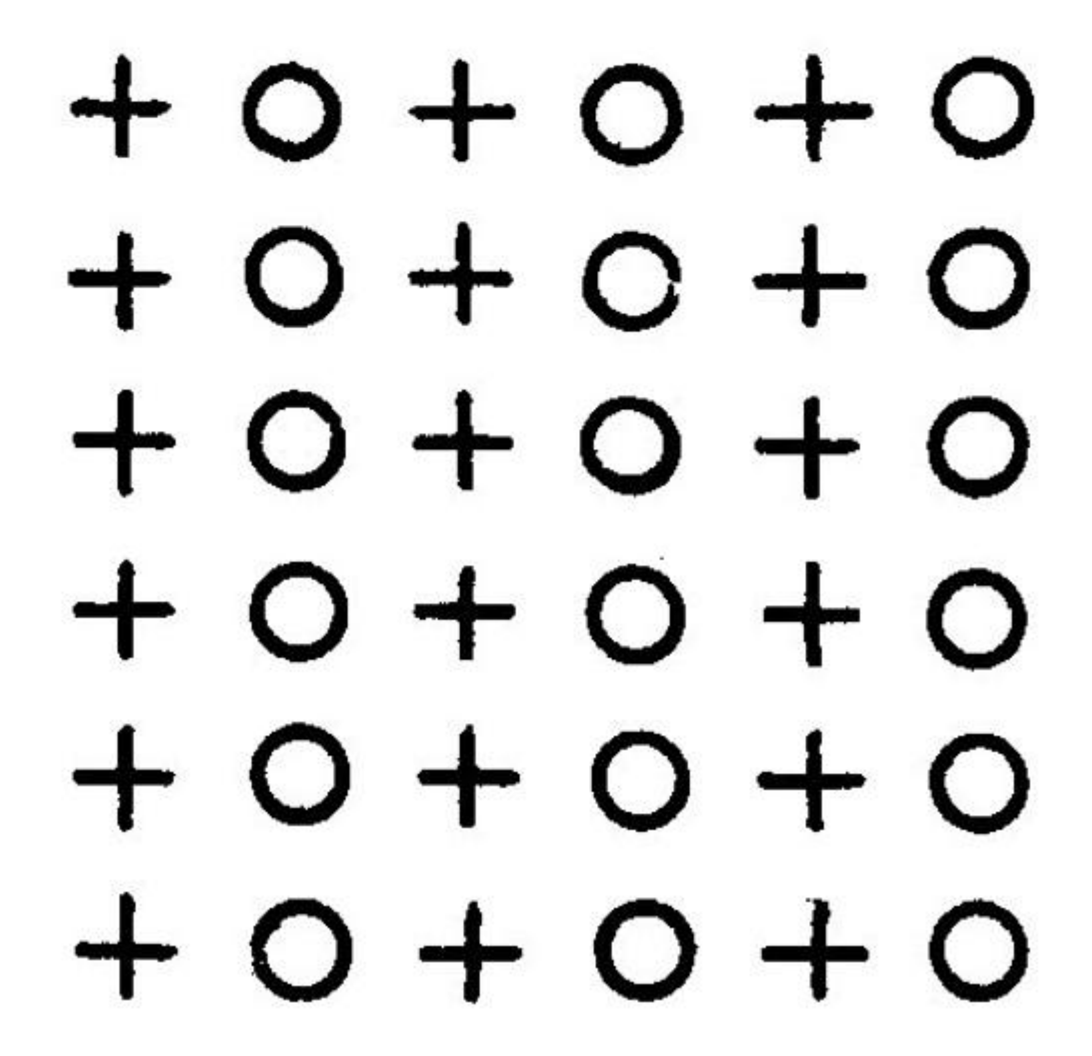


Рис. 68. Перцептивная организация
Фактор сходства

2. Близость. Из множества элементов в одно целое с большей вероятностью объединяются те, которые пространственно ближе всего расположены друг к другу.

3. "Общая судьба". Если группа точек или каких-либо других элементов движется относительно окружения в одном и том же направлении и с одинаковой скоростью, то возникает тенденция воспринимать эти элементы как самостоятельную фигуру.

Чтобы убедиться в действенности этого фактора, можно поставить следующий простой опыт. На две расположенные друг за другом стеклянные пластинки тушью наносятся в случайном порядке точки. Наблюдение ведется с расстояния около метра. До тех пор, пока пластинки

168

неподвижны или движутся совместно, изображения невозможно разделить, но как только они начинают смещаться относительно друг друга, беспорядочное скопление пятен распадается на два плана, каждый со своим распределением точек.

4. "Вхождение без остатка". Перцептивное объединение элементов осуществляется таким образом, чтобы все они были включены в образующуюся фигуру. На рис. 69 этот фактор противостоит действию фактора близости: если группируются более близкие элементы, то воспринимаются две узкие полосы; если элементы группируются таким образом, чтобы войти в образовавшуюся фигуру без остатка, то воспринимаются три широкие полосы.

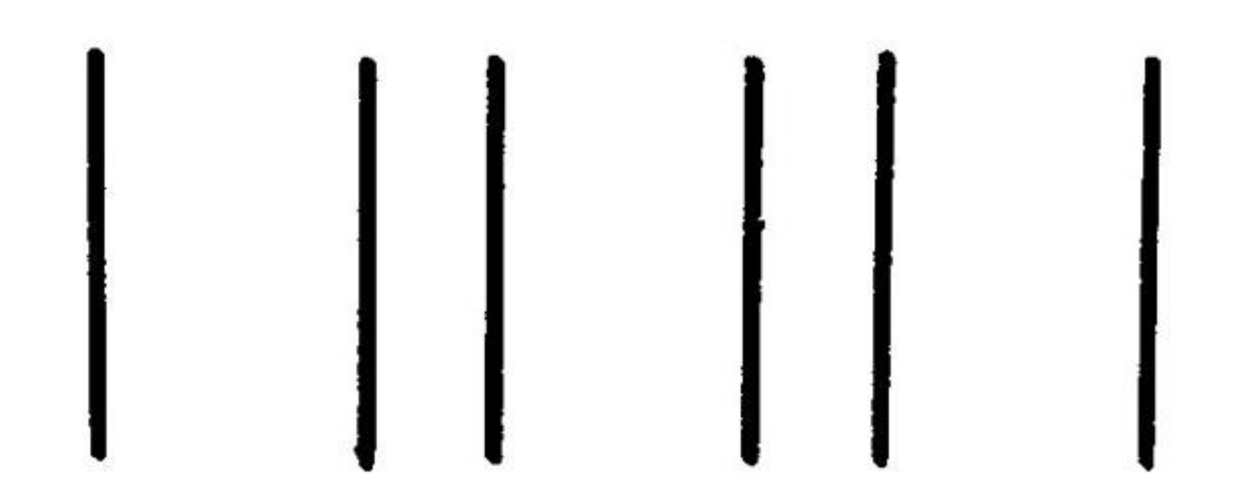


Рис. 69. Перцептивная организация
Фактор вхождения без остатка

5. "Хорошая" линия. Этот фактор определяет восприятие пересечений двух или более контуров. Зрительная система в соответствии с действием этого фактора старается сохранить характер кривой до пересечения и после него. Так, например, на рис. 70 (а) наблюдатель чаще всего видит прямую и гнутую линии, хотя в принципе рисунок мог бы состоять из элементов (б) и (в). Действие этого фактора тем сильнее, чем регулярнее кривая.

6. Замкнутость. Когда из двух возможных перцептивных организаций одна ведет к образованию фигуры с замкнутым контуром, а другая — открытым, то воспринимается первая фигура. Особенно сильно влияние этого фактора, если контур обладает к тому же и симметрией (рис. 71).

169

а

б

в

Рис. 70. Перцептивная организация.
Фактор "хорошей" линии.

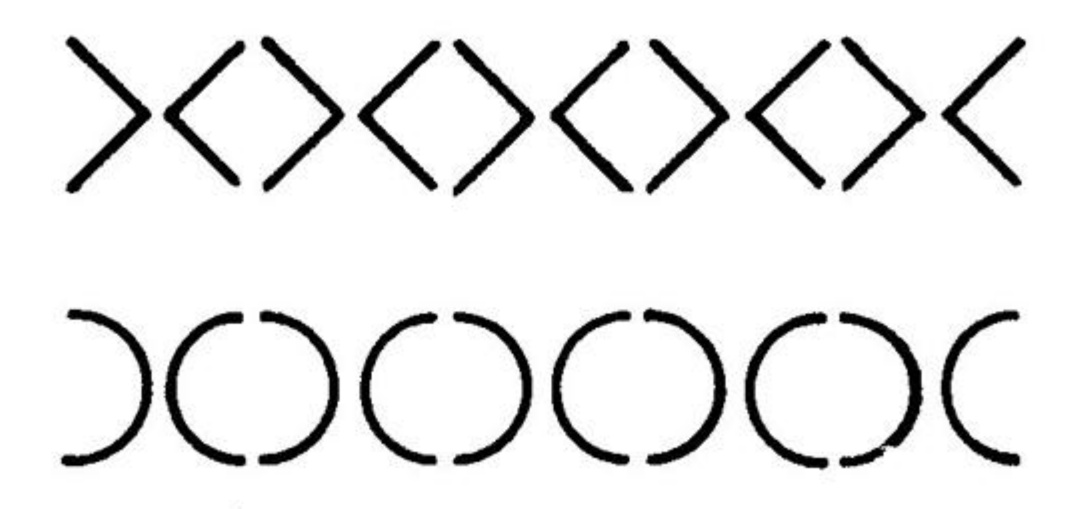


Рис. 71. Перцептивная организация.
Фактор замкнутости.

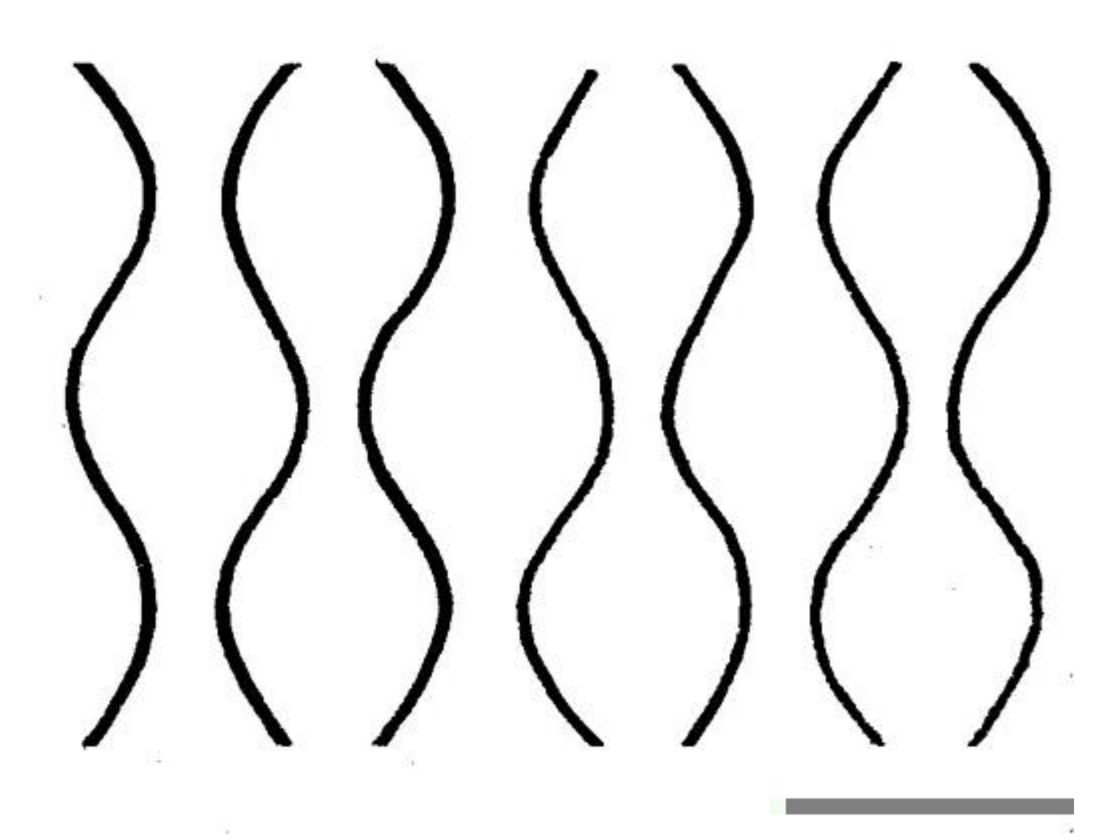


Рис. 72. Перцептивная организация. Роль распределения внимания
(по М. Моринага, 1942).

170

7. Установка или поведение наблюдателя. В качестве фигуры легче выступают те элементы, на которые обращено внимание наблюдателя. На рис. 72 этот фактор противостоит действию фактора вхождения без остатка. В зависимости от того, направлено ли внимание наблюдателя на левый или на правый край рисунка, легче воспринимается ряд колонок, соответственно с утолщением или сужением в середине. Под действием этого же фактора, раз увидев одну из возможных фигур, мы часто продолжаем видеть ее и в дальнейшем, даже не подозревая о существовании других.

8. Прошлый опыт. Влияние этого фактора обнаруживается в тех случаях, когда изображение имеет определенный смысл. Например, если без промежутков написать осмысленную фразу, то перцептивно она все же распадается на части, соответствующие отдельным словам: СОБАКАЕСТМЯСО. Другим примером может быть восприятие загадочных картинок. Для неопытного наблюдателя рис. 73 приставляет собой случайное нагромождение линий, однако, как только он узнает, что на рисунке изображены солдат с собакой, проходящие мимо дыры в заборе, линии объединяются в одно осмысленное целое.

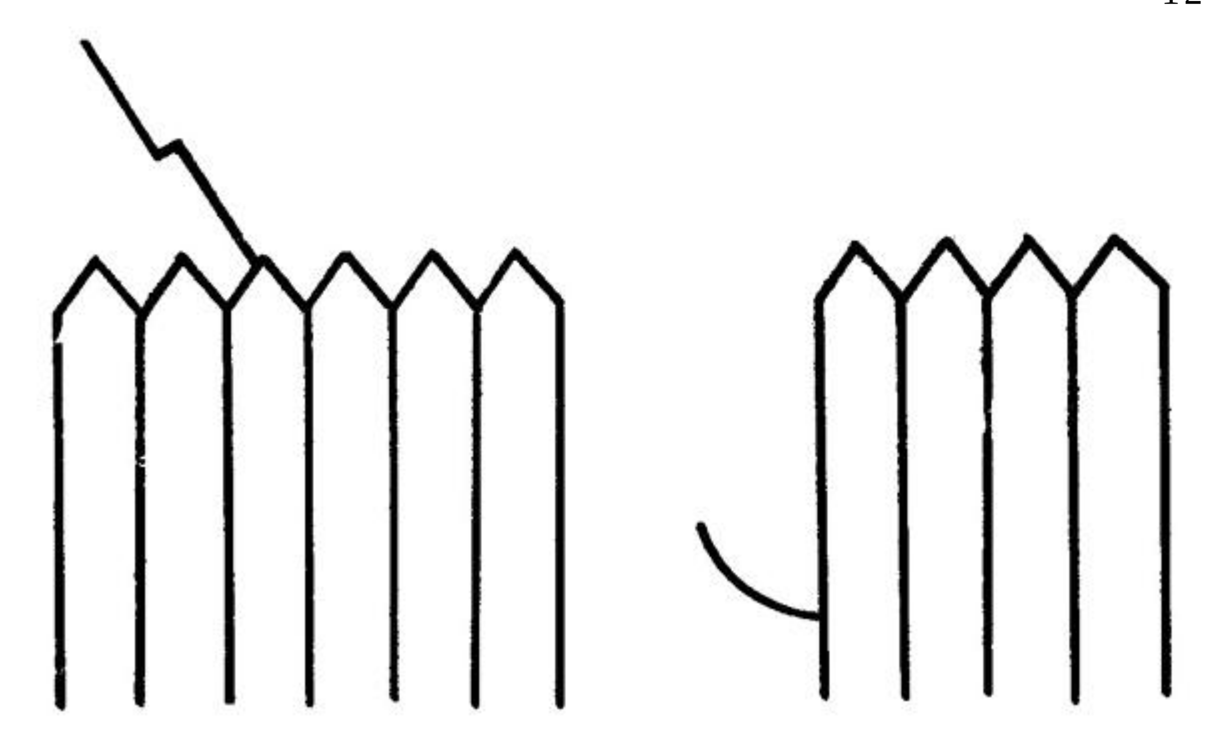


Рис. 73. Загадочный рисунок
(по Ч. Осгуду, 1955).

Таким образом, в процессах перцептивной организации участвует большое число более элементарных видов восприятия: от выделения
171
контура и цвета до оценки пространственного положения и движения объектов. Что же определяет эффективность данных, а не каких-либо других факторов?

По мнению гештальтпсихологов, обнаруженные закономерности отражают стремление электрохимических процессов на уровне коры мозга к наиболее простому, устойчивому состоянию. Это общий закон изменения целостных образований они называли принципом прегнантности.

Против такого объяснения говорит существование фактора прошлого опыта, но его влияние гештальтпсихологи считали незначительным. Так, К. Готшальдт — один из видных гештальтпсихологов — экспериментально показал, что если знакомую фигуру поместить в другую регулярную фигуру, естественной частью которой она будет выглядеть, то испытуемые никогда спонтанно не узнают первую фигуру при предъявлении второй. О большей силе чисто фигуративных факторов, по сравнению с фактором прошлого опыта, говорит и тот факт, что на рис. 74 использование "хорошего", симметричного контура позволяет довольно успешно замаскировать написанное слово.

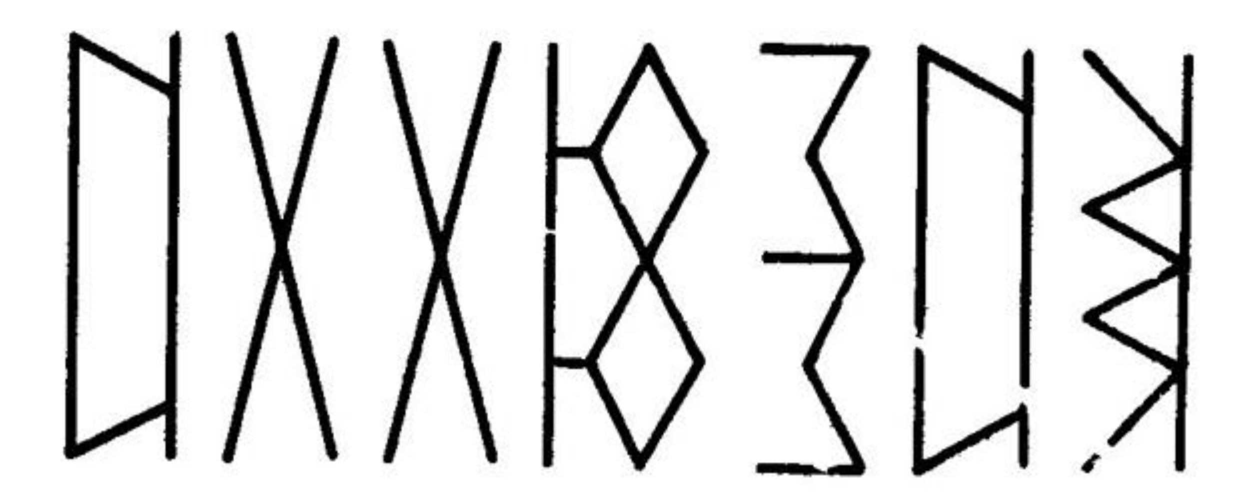


Рис. 74. Замаскированное слово.

Объяснение перцептивной организации, предложенное гештальтпсихологией, подверглось резкой критике. В настоящее время большинство психологов считают, что обнаруженные закономерности отражают, прежде всего, очень общие принципы организации окружающего нас мира. Действительно, в нашем окружении замкнутые симметричные контуры с высокой вероятностью ограничивают предметы. Также предметам соответствуют близкие одинаковые группы элементов, передвигающиеся в пространстве как одно целое. Поэтому

172

выделенные гештальтпсихологами факторы означают, что восприятие даже в искусственной ситуации предъявления изолированных точек и линий дает видимой картине наиболее осмысленное предметное истолкование.

Не могла удовлетворить исследователей и неопределенность многих из использовавшихся гештальтпсихологами терминов, таких, как "простая" и "сложная" форма. Было высказано предположение, что сложность фигуры определяется тем количеством информации, которое должно быть переработано зрительной системой для ее восприятия. В теории информации доказывается, что мерой количества информации, содержащейся в некотором сообщении, служит разность неопределенности ситуации до и после его получения. Поэтому, чем непредсказуемей, неожиданней является восприятие деталей фигуры во время отдельных фиксаций при ее зрительном обследовании, тем больше информации содержится в фигуре и тем более сложной она должна казаться.

Для простоты рассмотрим фигуру, состоящую из отрезков прямых линий. Она полностью описывается информацией о положении и направлении этих прямых. По мере того, как глаза двинутся вдоль одной и той же прямой, каждая фиксация приносит все меньше и меньше новой информации. Так продолжается до тех пор, пока на пути глаза не встретится угол — точка, в которой характер восприятия меняется и резко возрастает получаемая информация. Следовательно, наиболее информативными точками такого изображения будут углы.

Этот вывод важен потому, что большое число изображений может быть представлено в виде фигур, состоящих из отрезков прямых. Например, на рис. 75 при помощи небольшого числа прямых нарисована лежащая кошка. Этот рисунок получен из обычной фотографии путем соединения участков контура с наибольшей кривизной. Так как смысл изображения сохранился, можно считать доказанным, что основная часть информации во время этой процедуры не была утеряна.

Из приведенного рассуждения следует также, что чем больше углов имеет подобная фигура, тем более сложной она должна казаться. Это подтвердилось в опытах по шкалированию

173

воспринимаемой сложности абстрактных форм, типа изображенных на рис. 76. Оказалось, что около 90% оценок сложности определяется числом углов в фигуре.

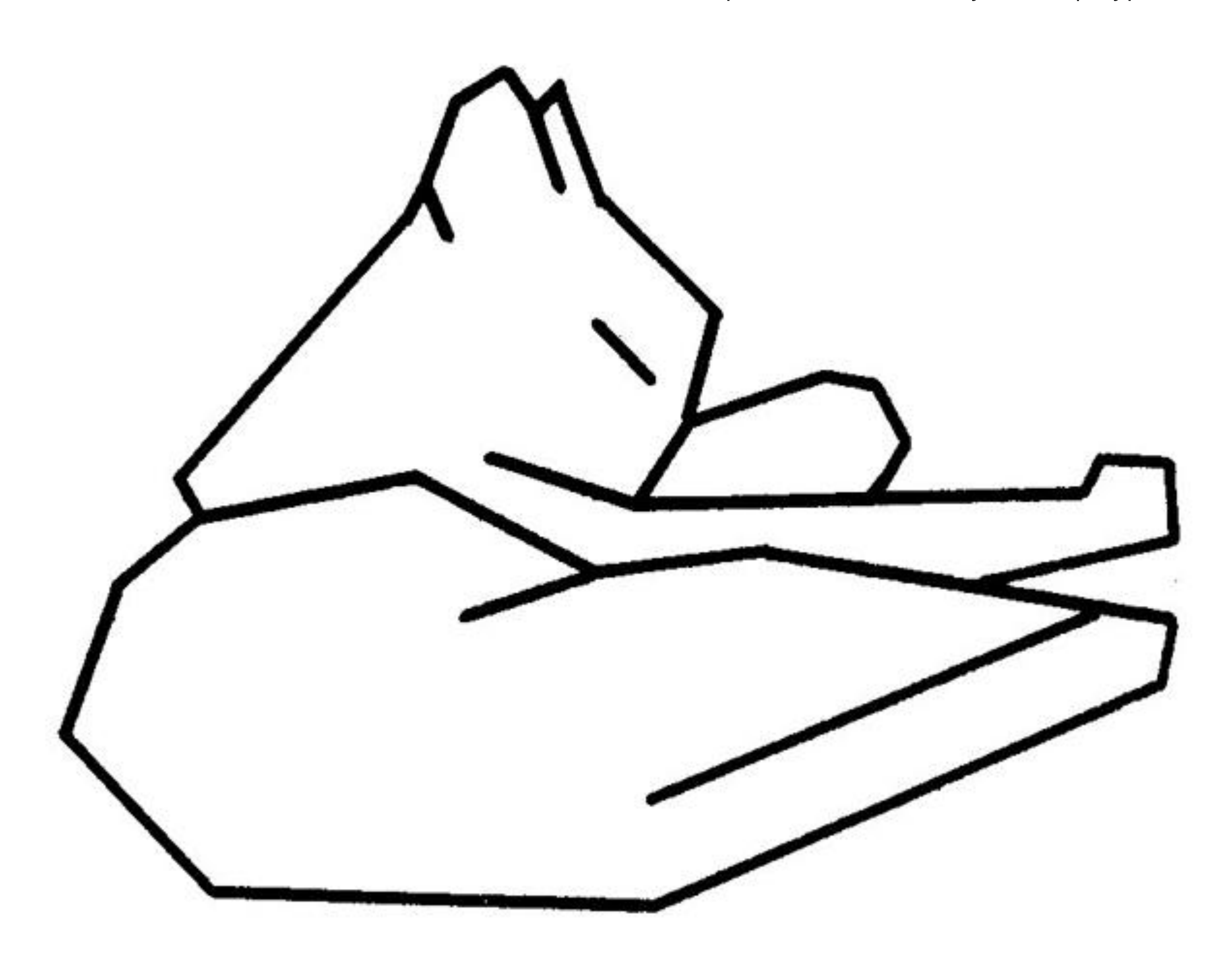


Рис. 75. Изображение спящей кошки, нарисованное путем соединения точек максимальной кривизны на ее контуре (по Ф. Эттниву, 1961).

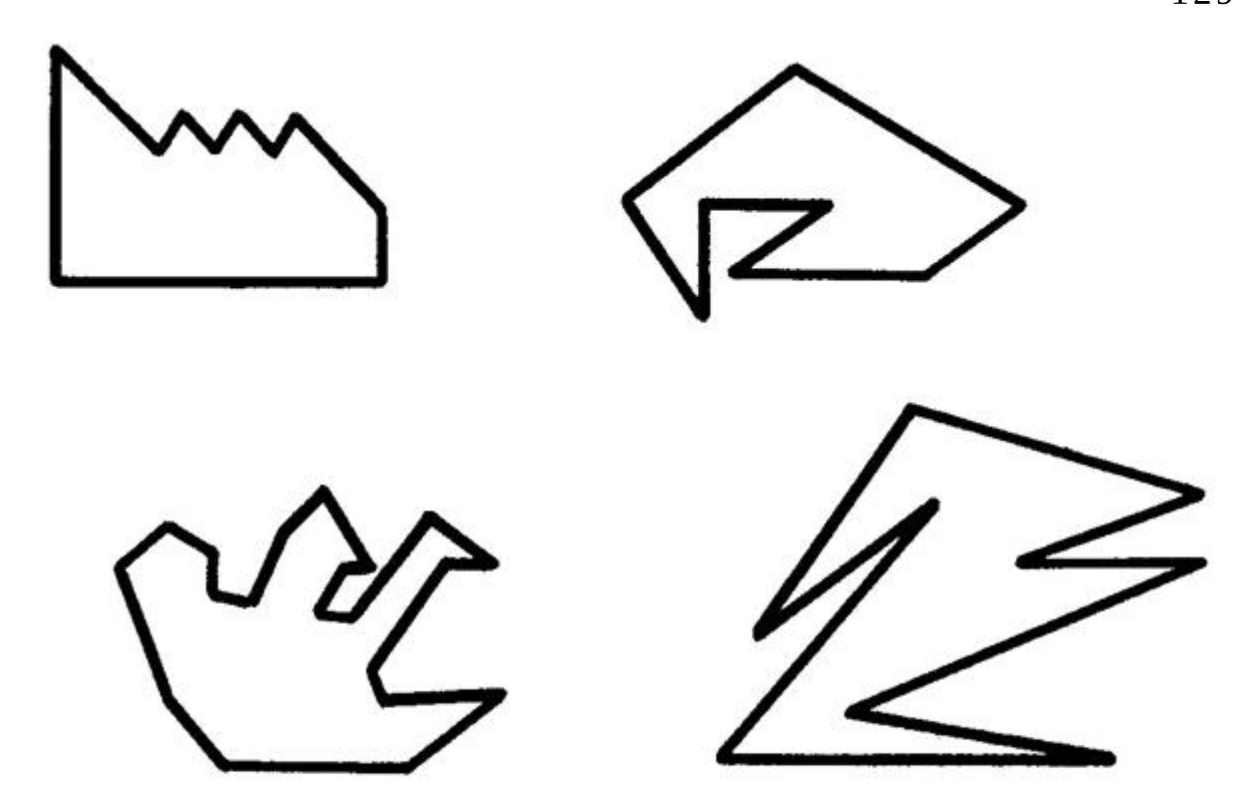


Рис. 76. Абстрактные формы (по Витцу и Тоду, 1971).

174

Значение этих только начинающихся исследований состоит в количественном описании процессов зрительного восприятия формы, что необходимо для решения технической проблемы автоматического распознавания изображений. Вместе с тем они позволяют дать новое объяснение некоторым старым вопросам психологии восприятия.

Например, на рис. 77 изображены фигуры, каждая из которых представляет собой проекцию куба на плоскость. При этом легкость, с которой воспринимается трехмерный объект, не одинакова для разных фигур: она возрастает в ряду от (а) до (г). По мнению гештальтпсихологов, это объясняется тем, что фигура (а) проще как двумерный, а не трехмерный объект. Проанализировав эти и подобные рисунки, американский психолог Дж. Хохберг пришел к выводу, что можно дать и более точное объяснение. Вместе с увеличением вероятности восприятия трехмерного куба в ряду (а), (б), (в), (г) уменьшается относительное количество элементов: прямых линий различной длины и ориентации, а также разных углов, необходимых для описания данной фигуры, как трехмерного, а не двумерного объекта. Зрительная система, следовательно, и в этом случае дает изображению наиболее вероятное предметное истолкование. Можно дать, впрочем, несколько иное объяснение восприятию фигур на рис. 77, учитывающее роль движений наблюдателя. Реальный куб можно увидеть так, как он изображен на рис. 77(а), только из определенной позиции, одним глазом и при полной неподвижности наблюдателя. Для вариантов (б) и (в) возможны движения вдоль одной из вертикальных осей куба. И лишь для последнего изображения снимаются все ограничения на движения наблюдателя в процессе восприятия. Таким образом, особенности восприятия данных фигур могут быть обусловлены типичными изменениями вида реального куба во время движений наблюдателя.

Значение активных движений для восприятия формы предмета подчеркивается в теории перцептивных действий (см. главу 1, раздел 3). Содержание образа восприятия определяется, с этой точки зрения, не только видом предметов в данный момент, но и

175

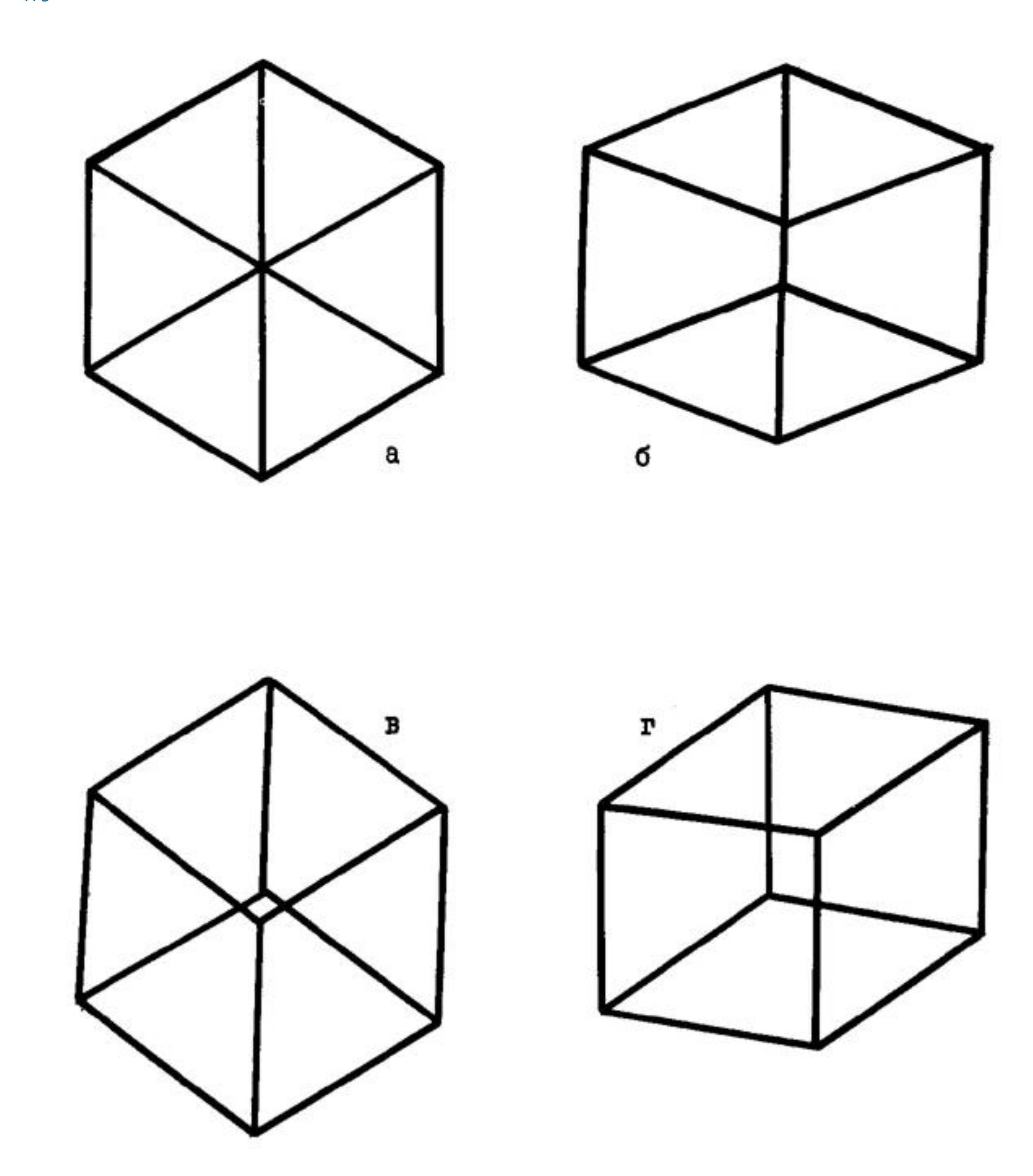


Рис. 77. Фигуры Копферман (по Дж. Хохбергу, 1961). Легкость восприятия куба возрастает в ряду от (а) до (г).

176

его предшествовавшими трансформациями. Образ формируется также под влиянием прогноза потенциальных изменений зрительной информации в будущем. Особую роль играют при этом изменения, связанные с активными движениями наблюдателя. Подобная временная протяженность процессов восприятия позволяет учитывать проекционные изменения формы, возникающие при изменениях ориентации предмета.

Например, если предъявить наблюдателю круг под углом к оси зрения, он все же воспринимает его как круг, а не как эллипс. Эксперименты, проведенные А. А. Смирновым,

показали, что зрительная система способна обеспечивать высокую степень константности формы вплоть до углов наклона 40°[x)].

В пользу представления об активной деятельностной природе процесса восприятия формы говорят также данные об его онтогенетическом развитии. Адекватное восприятие формы предметов становится возможным лишь в связи с формированием их развернутого моторного обследования. В дальнейшем эфферентные звенья восприятия сокращаются, и оно осуществляется с помощью викарных перцептивных действий, в результате чего сам процесс внешне приобретает симультанную форму (см. стр. 25 и д.).

177

V. СЛУХОВАЯ СИСТЕМА

Слуховая система развивается в филогенезе на базе более древней вестибулярной системы. В качестве дистантного вида чувствительности, позволяющего на большом расстоянии узнавать потенциальную опасность или пищу, слух играет ведущую роль в восприятии низших млекопитающих. Постепенно, однако, он уступает это место зрению.

В структуре перцептивных процессов человека слуховая система вновь начинает играть совершенно особую роль. Это связано с тем, что слух делает возможным важнейший вид социальной коммуникации — речевое общение между людьми.

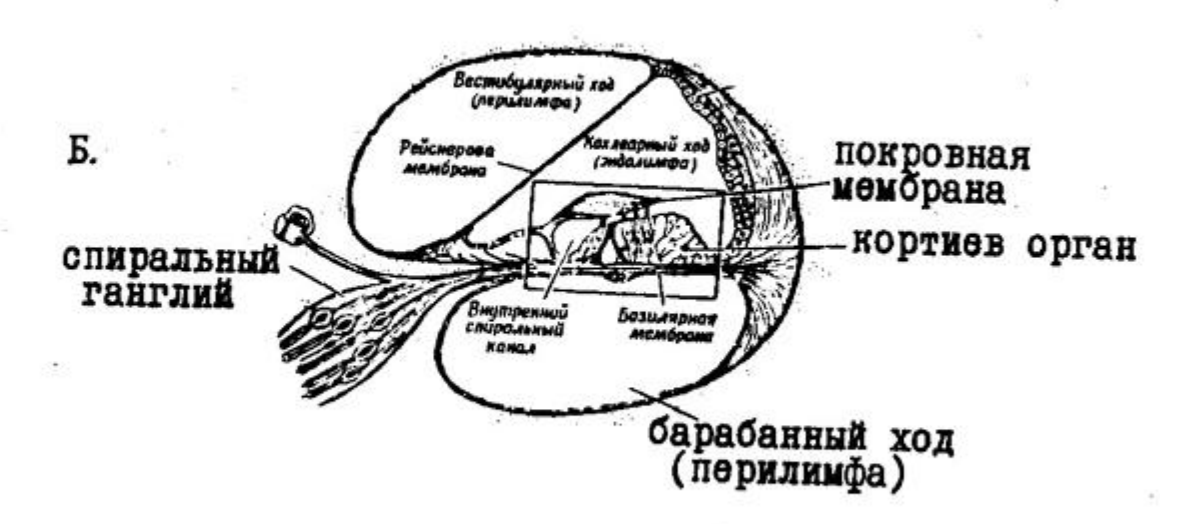
1. Физиологические основы слуха

Адекватным раздражителем слуховой системы служат распространяющиеся в воздухе (или воде) периодические изменения давления — звуковые колебания.

Ухо является усилителем и преобразователем звуковых колебаний. Через барабанную перепонку, представляющую собой эластичную мембрану, и систему передаточных косточек — молоточек, наковальню и стремечко — звуковая волна доходит до внутреннего уха и приводит в движение заполняющую его жидкость (рис. 78). При этом амплитуда колебаний уменьшается, а звуковое давление увеличивается примерно в 16 раз. Внутреннее ухо, или улитка, представляет собой спиралевидный ход, состоящий из двух с половиной витков. Заполняющая улитку жидкость —пери — и эндолимфа — практически несжимаема, поэтому при смещении стремечка вправо мембрана круглого окна прогибается влево, а возникающие колебания эндолимфы передаются

178





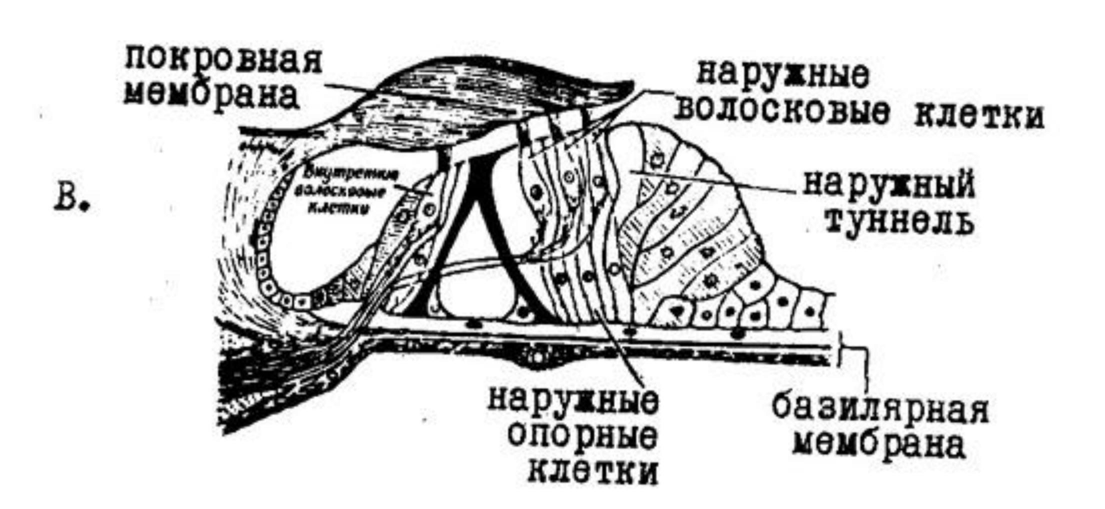


Рис. 78. Строение уха (по С. Дейчу, 1970)

А. Схематическое изображение уха (улитка выпрямлена).

Б. Кортиев орган, расположенный на базилярной мембране.

В. Кортиев орган крупным планом. Видны нервные окончания, подходящие к основанию волосковых клеток.

179
волокнам расположенной вдоль улитки базилярной или основной мембраны и возбуждают специализированные механорецепторы — волосковые клетки (рис. 98).

Волосковые клетки улитки являются основными аппаратами слуховой рецепции. Реагируя на колебания эндолимфы, они превращают улавливаемые звуковые колебания в нервные импульсы, передающие акустическую информацию по волокнам слухового нерва.

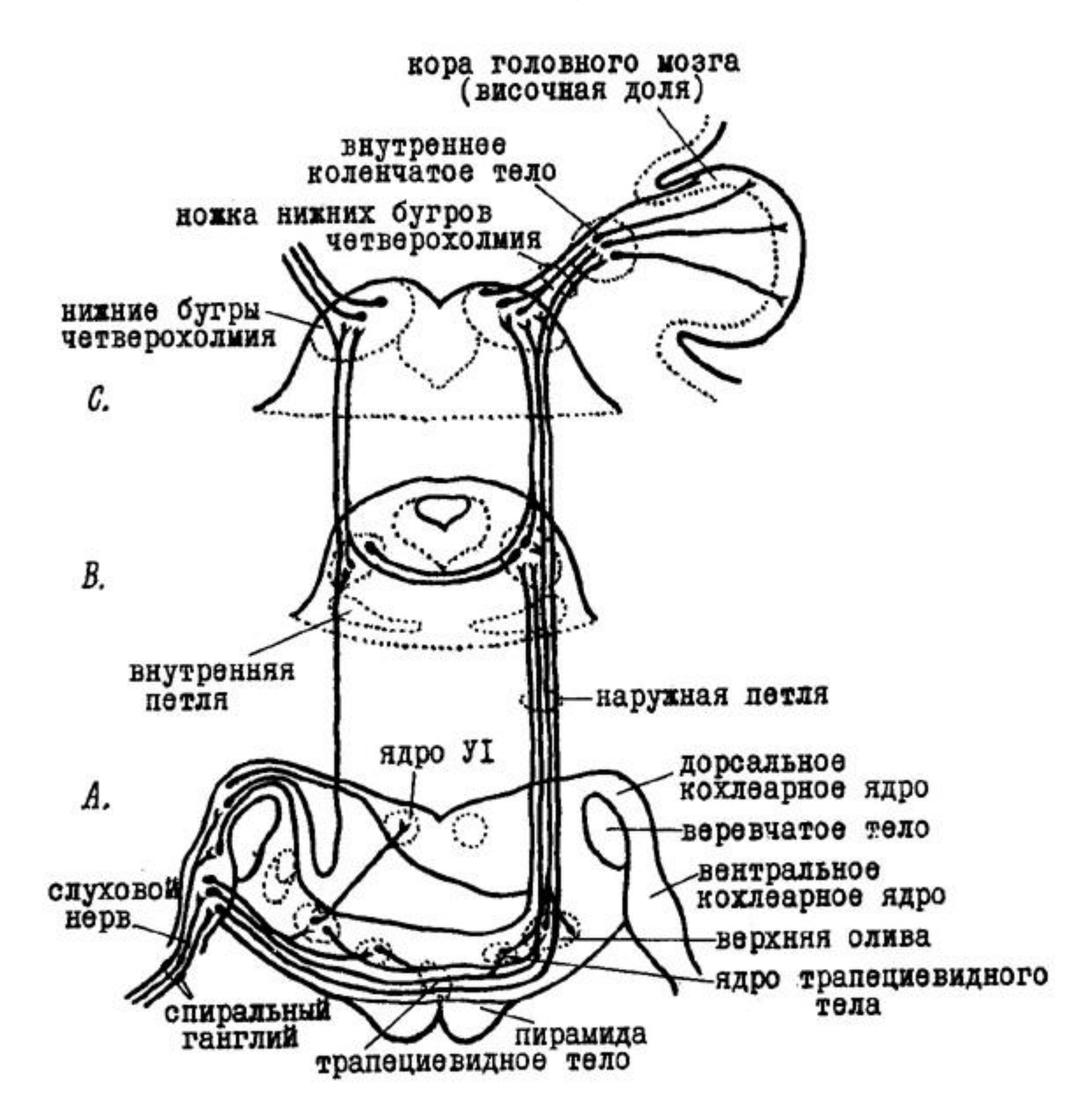


Рис. 79. Афферентные пути слуховой системы
(по С. Дейчу, 1970)

180
Возбуждение, возникающее в волокнах слухового нерва, направляется к центральным отделам нервной системы (рис. 79). Первым центром обработки акустической информации являются расположенные на уровне Варошевого моста ядра слухового нерва, после чего она поступает к так называемым верхним оливам. Здесь происходит объединение сигналов, поступающих от левой и правой улитки. Затем афферентные пути слуха направляются к нижним буграм четверохолмия, которые представляют собой элементарный рефлекторный центр слуховой системы. Именно здесь осуществляется передача слуховых импульсов на

двигательные пути, в результате чего возникают такие реакции, как двигательное настораживание или сокращение зрачка в ответ на внезапный звук.

Далее мощный пучок волокон идет к внутренним коленчатым телам, от которых начинается последняя часть слухового нерва. Его волокна направляются к поперечной извилине височной области коры или извилине Гешля, представляющей собой корковый конец слухового анализатора.

По своему строению извилина Гешля (поля 41-ое и 42-ое по Бродману) очень близка к проекционной зрительной коре. Основное место в ней занимает 4-ый афферентный слой, в котором и кончаются волокна слухового нерва. Характерно, что, как и зрительная проекционная область, извилина Гешля обнаруживает признаки сомато-топического строения. При этом волокна, несущие информацию о высоких тонах, заканчиваются в медиальных, а волокна, несущие информацию о низких тонах, — в латеральных участках этой извилины. Существенным отличием корковых отделов слухового анализатора является тот факт, что в отличие от зрительного анализатора здесь нет изолированного представительства каждого уха или его части в противоположном полушарии. Моноуральные волокна направляются к обоим полушариям, и поэтому повреждение одной (например, правой) извилины Гешля приводит лишь к незначительному снижению слуха, в несколько большей степени проявляющемуся в противоположном (левом) ухе.

Слуховая первичная кора является аппаратом, содействующим продлению слуховых воздействий. Поэтому, как было показано Г. В. Гершуни, поражение первичных отделов слуховой коры, не отражаясь на остроте слышания

181

продолжительных звуков, приводило к тому, что в ухе, противоположном пораженному полушарию, повышались пороги слышания ультра-коротких звуков продолжительностью от 4 до 10 мсек (см. рис. 80). Этот факт имеет большое значение как для понимания центральных механизмов слуха, так и для диагностики поражений височной области мозга.

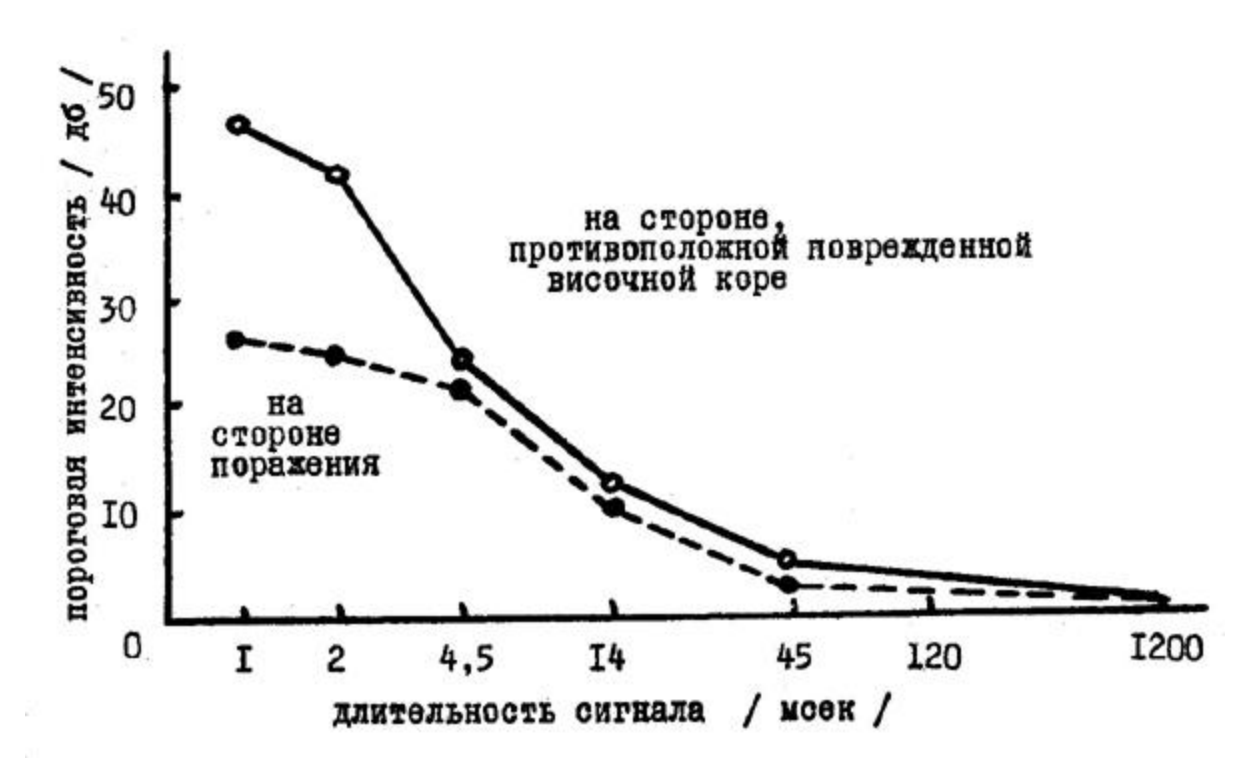


Рис. 80. Повышение порогов слышания ультра-коротких звуков ухом, противоположным поврежденной височной коре одного полушария (по А. В. Бару и

Т. А. Карасевой, 1970)

Над первичными отделами слуховой коры, расположенными в извилине Гешля, надстроены вторичные отделы слуховой коры. Они находятся на наружной поверхности височной области, в пределах верхней височной извилины (поле 22 Бродмана). В их составе преобладают клетки верхних, ассоциативных слоев коры.

182

В отличие от первичной слуховой коры, ее вторичные отделы не имеют сомато-топического строения и представляют собой сложный интегрирующий аппарат, который обеспечивает сложные формы анализа и синтеза звуковой информации, делая возможными сложные музыкальные и речевые восприятия. Поэтому поражения вторичных отделов слуховой коры, не приводя к снижению остроты слуха и выпадению восприятия простых звуков вызывает нарушение различения мелодий в одних случаях или сложно построенных звуков речи в других.

2. Слуховые ощущения

В зависимости от сложности акустического сигнала воспринимаемые звуки могут быть простыми или сложными. Простые звуки возникают в ответ на синусоидальное колебание воздуха, физическими параметрами которого являются число колебаний в секунду или частота в герцах и амплитуда или интенсивность, измеряемая в децибелах (см. стр. 77).

Человек способен воспринимать звуковые колебания, частота которых находится в пределах от 20 до 20 000 герц (рис. 81). Колебания с частотой ниже 16—20 герц называются инфразвуком. Ранее уже отмечалось, что они воспринимаются не ухом, а костью, как вибрационные ощущения (см. стр. 54). В случае колебаний, частота которых превышает 20 000 герц, говорят об ультразвуке. Внутри зоны подлинных ощущений акустическая частота определяет прежде всего высоту воспринимаемого звука: чем больше частота, тем более высоким кажется нам воспринимаемый сигнал. На высоту звука влияет также и интенсивность раздражителя (см. стр. 181).

Из классических теорий восприятия высота звука наиболее известна резонансная теория Г. Гельмгольца. Согласно этой теории отдельные волокна основной мембраны представляют собой физические резонаторы, каждый из которых настроен на определенную частоту звукового колебания. Высокочастотные раздражители вызывают колебания участков мембраны вблизи овального окошка, где она наиболее узка (0,08 мм), а низкочастотные —

183

в области верхушки улитки, на участках с максимальной шириной основной мембраны (0,4 мм). Волосковые клетки и связанные с ними нервные волокна передают в мозг информацию о том, какой участок основной мембраны возбужден, а следовательно, и о частоте звукового колебания. В пользу этой гипотезы говорят факты о возможности путем хирургического удаления отдельных участков основной мембраны вызывать избирательную глухоту на определенные частоты. Однако эти же эксперименты показали, что практически невозможно найти участок мембраны, связанный с восприятием низких тонов.

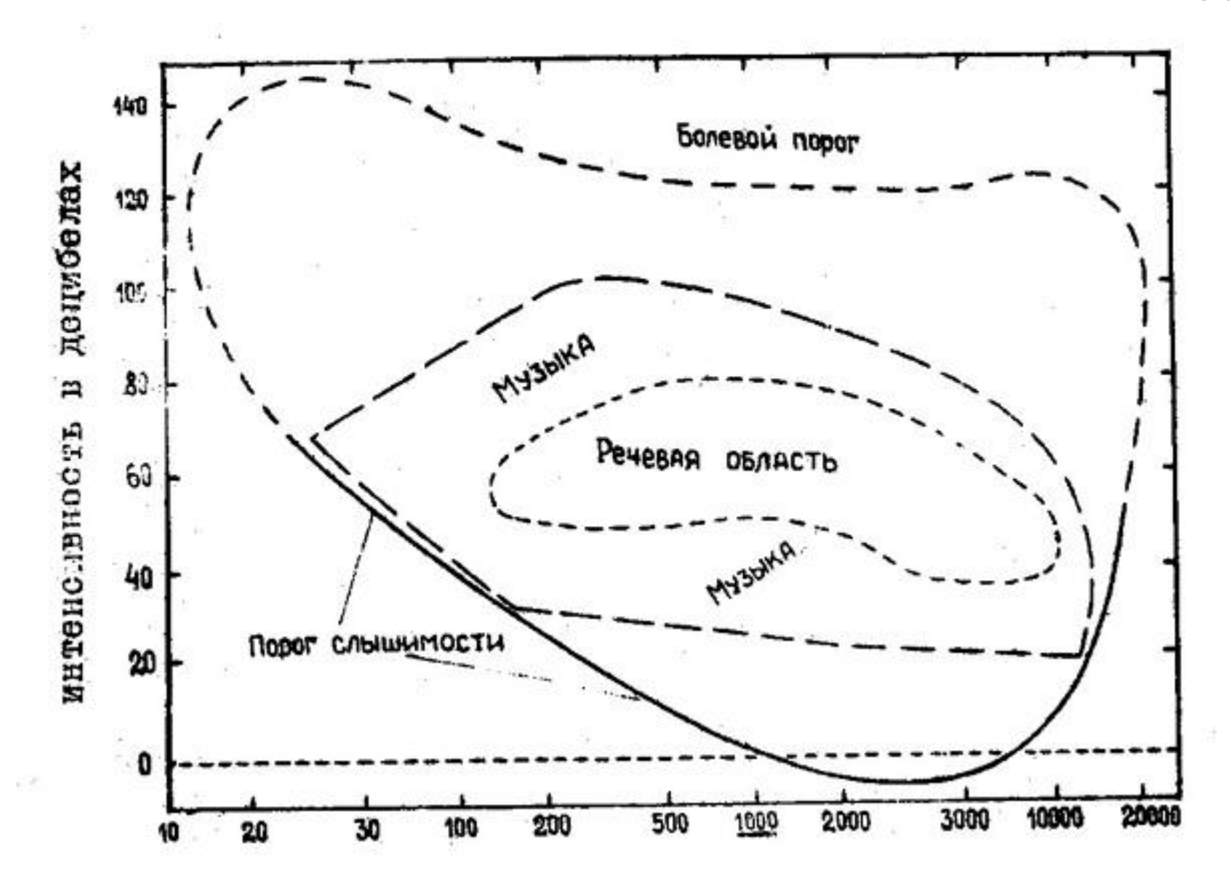


Рис. 81. Границы зоны подлинных слуховых ощущений с областями речевых и музыкальных звуков (по Р. Шошолю, 1966)

Теория Г. Гельмгольца была поставлена под сомнение венгерским физиком Г. Бекеши, который показал, что

184

основная мембрана не натянута и ее волокна не могут резонировать на подобие струн. По Бекеши, колебания перепонки овального окна передаются эндолимфе и распространяются на основной мембране в виде бегущей волны, вызывая ее максимальное смещение на большем или меньшем расстоянии от верхушки улитки в зависимости от частоты. Таким образом, было предложено новое объяснение активации различных по положению рецепторных элементов, но принцип связи высоты звука и акустической частоты через место раздражения сохранился.

На ином принципе кодирования частоты колебания в высоту звука основана теория американского физиолога Э. Уивера. В его экспериментах непосредственно от слухового нерва кошки отводились потенциалы действия и через усилитель подавались на телефонную аппаратуру. Оказалось, что в диапазоне от 20 до 1000 герц рисунок нервной активности полностью воспроизводит частоту раздражителя, так что по телефону можно было слышать произносимые в помещении фразы. В последствии были найдены и другие доказательства в пользу предположения, что кодирование высоты звука осуществляется по принципу частоты. В настоящее время большинство исследователей считает, что высокочастотные колебания воспринимаются по принципу места, а низкочастотные — по принципу частоты. В среднем диапазоне частот от 400 до 4000 герц работают оба механизма (П. Линдсей и Д. Н. Норман, 1972).

В определении воспринимаемой громкости звука главную роль играет интенсивность звукового колебания. Важной, однако, является и его частота, что сказывается уже на порогах

слышимости: если для частоты 1000 герц нижний абсолютный порог равен 0 дб, то для частоты 400 герц он поднимается до 25 дб (рис. 81). Верхний абсолютный порог или болевой порог громкости лежит в области 120—140 дб.

Кодирование интенсивности звуковых сигналов осуществляется в улитке за счет активации различных по своему положению и порогам наружных и внутренних волосковых клеток (рис. 78). Важные преобразования информации

185

о громкости осуществляются на более высоких уровнях слуховой системы. Об этом свидетельствуют сильное сжатие шкалы громкостей (экспонента соответствующей степенной функции равна 0,6), а также феномен константности воспринимаемой громкости. Последний заключается в том, что громкость звукового сигнала не меняется или меняется очень слабо от того, подается ли он на одно или на оба уха (по Е. Н. Соколову).

Иногда, помимо высоты и громкости, выделяют еще два качества простых звуков, определяемые частотой и интенсивностью акустического сигнала. Это синестезические ощущения объемности и плотности звука. Объемностью называется ощущение полноты звука, в большей или меньшей степени "заполняющего" окружающее пространство. Так, низкие звуки кажутся более объемными, чем высокие. Под плотностью понимают качество звука, позволяющее различить "плотный" и рассеянный диффузный звук. Звук кажется тем плотнее, чем он выше; плотность возрастает также с увеличением громкости. Связь всех четырех качество простых звуков с частотой и интенсивностью видна из рис. 82. Каждая кривая показывает, каким образом надо менять физические параметры чистого тона, чтобы его высота, громкость, плотность или объемность остались неизменными.

Чистые тона или простые синусоидальное колебания, при всем их значении для лабораторных исследований звуковых ощущений, практически отсутствуют в повседневном жизни. Естественные звуковые раздражители имеют значительно более сложную структуру, отличаясь друг от друга по десяткам параметров. Это и делает возможным столь широкое использование акустических сигналов в деятельности, включая восприятие музыки и речи.

Сложность состава звукового колебания выражается прежде всего в той, что к основной или ведущей частоте, обладающей амплитудой, привешиваются дополнительные колебания, имеющие меньшую амплитуду. Дополнительные колебания, частота которых превышает частоту основного колебания в кратное число раз, называются гармониками. Типичным примером слухового восприятия акустического сигнала, все дополнительные колебания которого представляют собой гармоники ведущей частоты, является

186

музыкальный тон. В зависимости от доли отдельных гармоник одного и того же ведущего колебания в звуковом разделителе он приобретает различный акустический оттенок или тембр. Одинаковые по высоте и интенсивности звуки скрипки, виолончели и фортепиано отличаются друг от друга своим тембром. К группе тембральных тонов относятся также и гласные звуки языка (рис. 83).

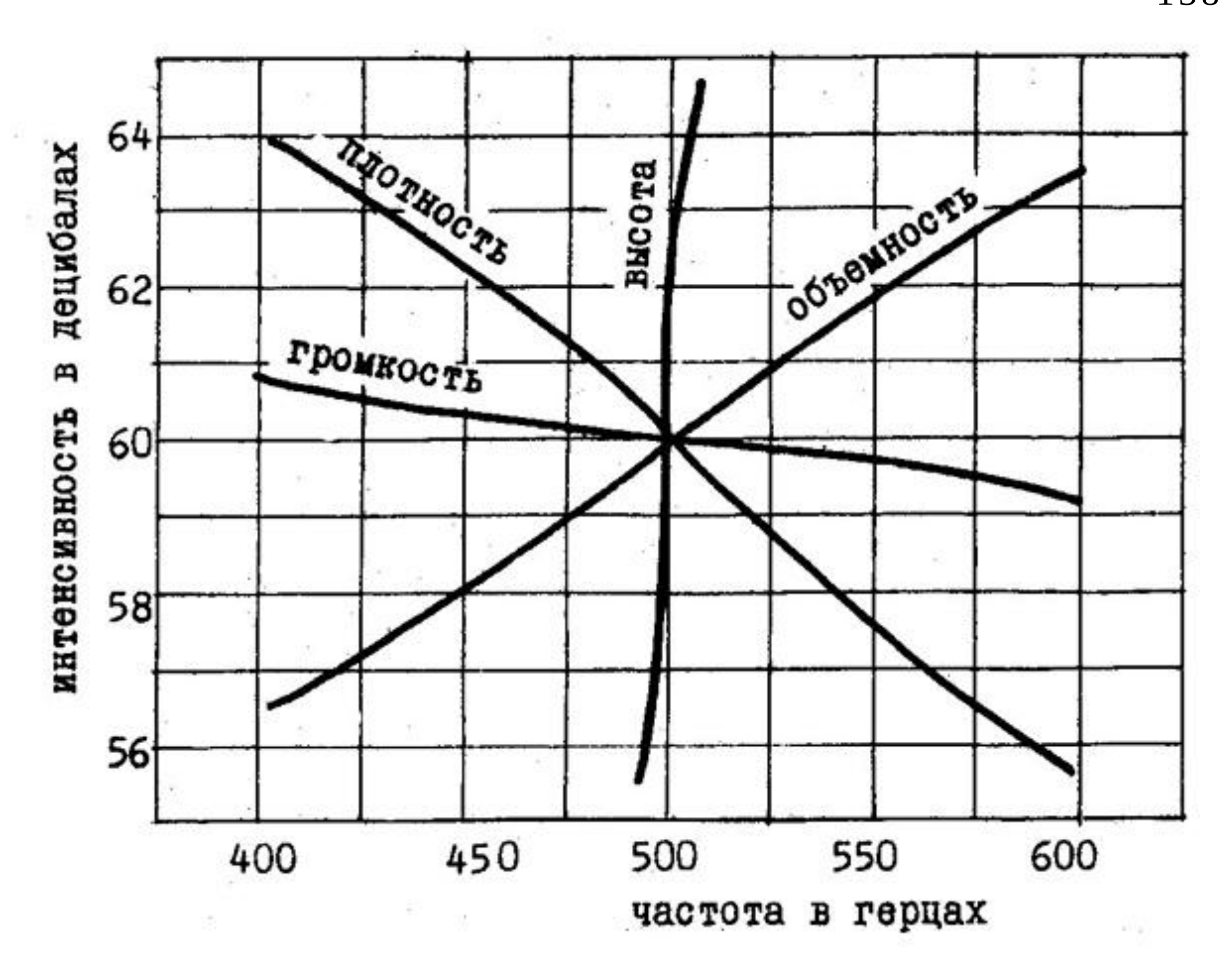


Рис. 82. Связь воспринимаемых качеств простого и интенсивного акустического сигнала (по С. С. Стивенсу, 1934).

Каждая кривая показывает, как надо менять частоту и интенсивность, чтобы высота, громкость, плотность или объемность не отличались от соответствующих качеств стандартного тона частотой 500 гц и интенсивностью 60 дб.

187

От тембральных тонов отличаются звуки, называемые шумами. Это очень важный класс звуков. Примерами шума могут быть уличные шумы, шум машины, листвы и, наконец, согласные звуки языка. Энергия более или менее равномерно распределена между колебаниями, приводящими к восприятию шума, а их частоты находятся в нерегулярных отношениях друг к другу. Вследствие этого шум не имеет выраженной высоты. В акустике часто употребляется термин "белый шум" для обозначения шума, состоящего, подобно белому свету, из всего спектра слышимых частот.

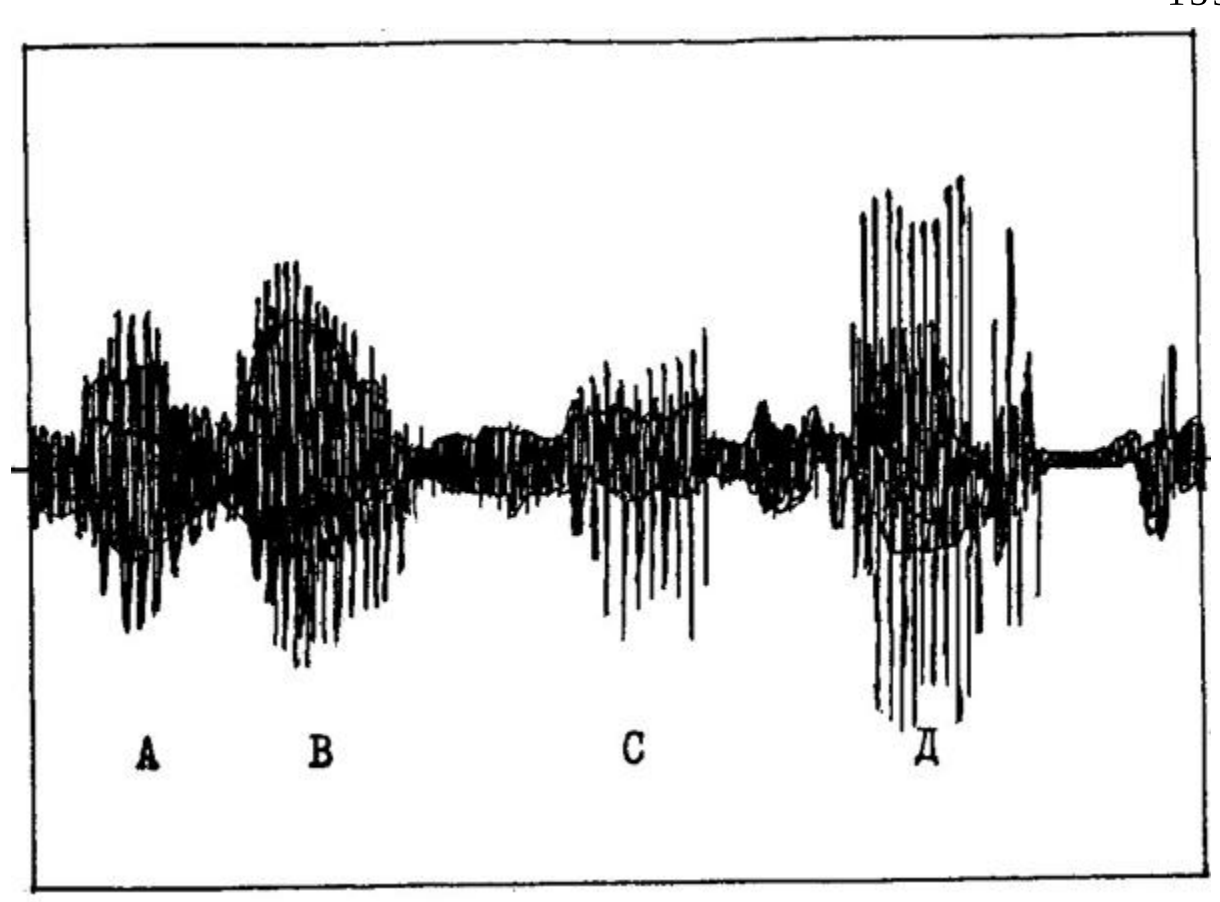


Рис. 83. Спектрограмма человеческой речи (по И. Говарду и У. Темплтону, 1967)
Участки А, В, С и Д соответствуют гласным звукам. Видно наличие основной и одной или двух дополнительных частот

Особый класс звуков образуют щелчки, продолжающиеся иногда всего лишь тысячные доли секунды. Щелчки близки к шумам
188
по невозможности выделить в них ведущую частоту.

Воспринимаемые нами звуки не всегда бывают единичными. Часто они объединяются в одновременные или последовательные группы. В музыке одновременный комплекс звуков называетсяаккордом. Если частоты колебаний, составляющих акустический сигнал, находятся в кратных отношениях друг к другу, то аккорд воспринимается как благозвучный или консонантный. В противном случае аккорд теряет свою благозвучность, и говорят о диссонансе.

Звуки могут объединяться не только в одновременные комплексы, но и в последовательные серии или ряды. Типичным примером этого служат ритмические структуры. В такой простой ритмической структуре, как азбука Морзе, звуки отличаются только длительностью. В более сложных ритмических структурах еще одной варьируемой переменной оказывается интенсивность. К ним относятся, например, прозодические структуры: ямб, хорей, дактиль, — применяемые в стихосложении. Наиболее сложны музыкальные мелодии, в которых ритмические структуры звуков разной продолжительности имеют также и различную высоту.

Сложные акустические эффекты возникают, когда частоты раздражителей одновременно действующих на слуховую систему, оказываются различными. Если это различие невелико, то слушатель воспринимает единый звук, громкость которого

меняется с частотой, равной разности частот акустических сигналов. Эти изменения громкости называют биениями. При увеличении различий до 30 герц и выше появляются разнообразные комбинационные тона, частота которых равна сумме или разности частот раздражителей.

Одновременное присутствие одного звука оказывает влияние на пороги обнаружения другого. Как правило, они возрастают. Вследствие этого говорят о маскировке одного звука другим. Эффект маскировки тем выраженнее, чем ближе физические характеристики двух сигналов.

Слуховые ощущения, подобно зрительным, сопровождаются слуховыми последовательными образами. Высота и длительность слухового последовательного образа соответствует частоте и длительности раздражителя

189

(И. С. Балонов, 1972).

3. Слуховое восприятии пространства

Звуки воспринимаются локализованными в пространстве, что достигается благодаря содружественной работе многих перцептивных систем и, прежде всего, зрения. Но слуховая система способна самостоятельно обеспечить довольно точную оценку направления, в котором находится источник звука. В полной темноте положение звучащих объектов вблизи медианной плоскости тела оценивается с точностью 1,5—3°, а вблизи сагиттальной — 12—18°.

Основой слухового восприятия направления служит биноуральный параллакс — различие в физических параметрах акустических сигналов, достигающих правого и левого уха. Эти различия для чистых тонов связаны, во-первых, со временем прихода одинаковых участков волны в оба уха и, во-вторых, с их сравнительной интенсивностью, которая слабее на стороне, повернутой от источника звука, так как звуковая волна попадает здесь в акустическую "тень" головы (рис. 84).

Рассмотрим результаты исследований немецкого психолога О. Клемма, который одним из первых занялся изучением слухового восприятия направления. Пусть два коротких звука (щелчка) уравнены по интенсивности и одновременно попадают в оба уха. В этом случае воспринимается единый щелчок, расположенный в медианной плоскости тела, над головой или в голове. Если это равенство нарушается, то воспринимаемое положение источника звука сдвигается в сторону уха, получающего более ранний или более сильный сигнал. Можно проверить и относительную важность этих двух признаков направления, подбирая различия в интенсивности, достаточные для компенсации заданного различия во времени прихода сигналов. Оказалось, что разница во времени прихода всего на 100 микросекунд (0,1 миллисекунды) требует увеличения интенсивности раздражителя не менее чем на 10 дб. Для равных по громкости щелчков изменение

190

времени прихода всего лишь на 30 микросекунд уже достаточно для впечатления смешения источника звука из медианной плоскости. Только когда различия во времени прихода сигналов достигают 2 миллисекунд, слушатель начинает воспринимать два раздельных звука.

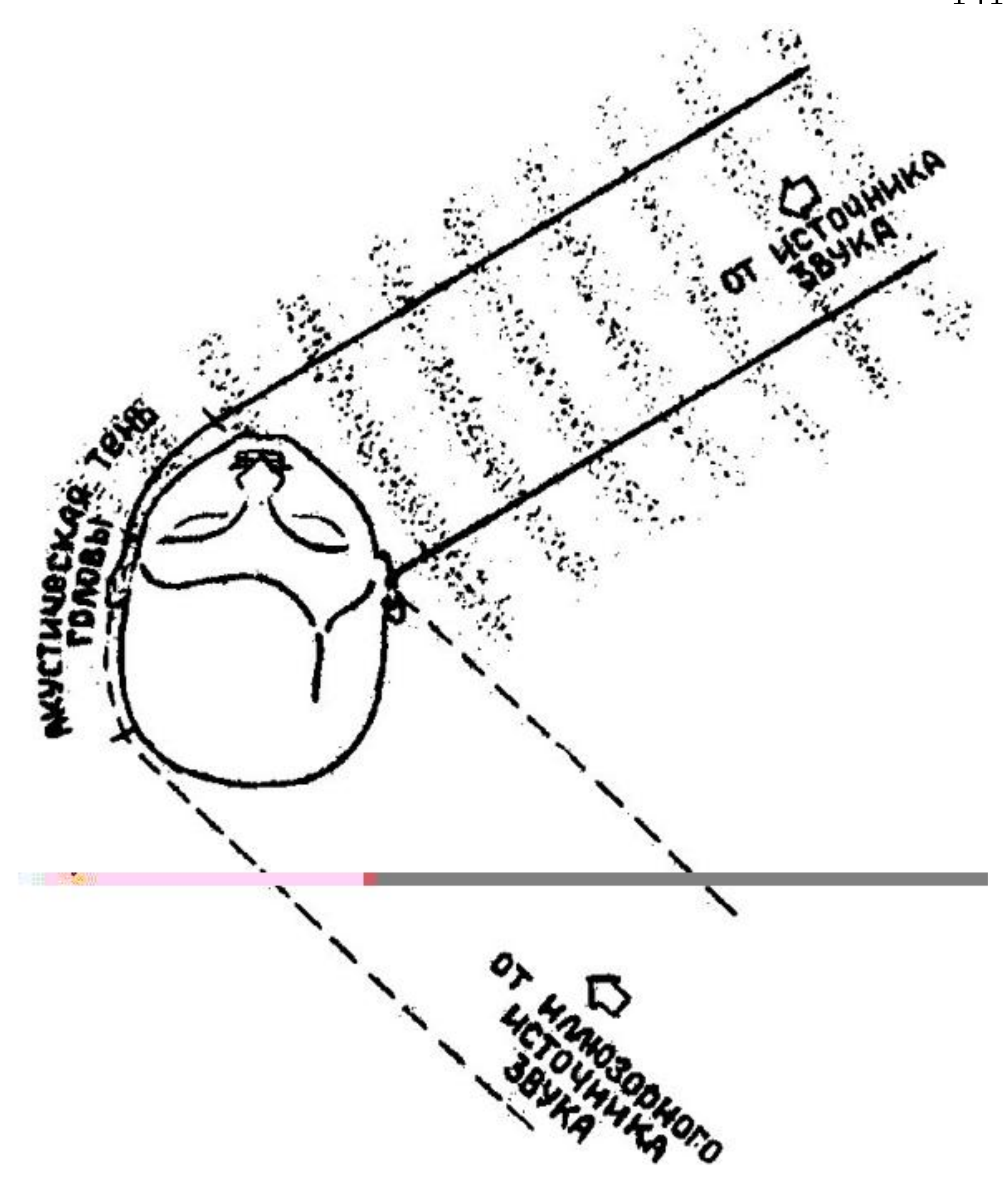


Рис. 84. Биноуральный параллакс и возможность иллюзорной оценки направления источника (по Дж. Гибсону, 1967)

Полученные в опытах с щелчками данные в пользу относительно большего значения биноуральной разницы времени прихода звукового раздражителя подтверждаются и результатами экспериментов, в которых применялись синусоидальные звуковые колебания низкой частоты. Однако при увеличении частоты звукового колебания возрастает роль фактора биноуральной разности интенсивностей, а оценки, основанные на различии времени прихода участков разряжения и сгущения волны, становятся все

менее точными. Это объясняется тем, что высокочастотные сигналы хуже низкочастотных огибают преграды и, попадая в акустическую "тень" головы, теряют значительную часть своей энергии. В результате возникает выраженное различие интенсивностей сигналов. Кроме того при частоте сигнала свыше 800 герц, участки сгущения и разряжения следуют друг за другом с таким ничтожным временным интервалом, что возникает трудность различения более раннего и более позднего сигнала. Это может приводить к грубым ошибкам в локализации — звук слышится то слева, то справа. Таким образом, для низких частот и слабой или средней интенсивности раздражителя особое значение имеет различие времени прихода, для высоких частот и интенсивностей — различие интенсивностей моноуральных акустических сигналов.

Благодаря тому, что перцептивная оценка направления, в котором находится источник звука, основана в значительной степени на анализе времени прихода одинаковых участков акустического сигнала к обоим ушам, локализация звука оказывается тем лучше, чем сложнее, рельефнее его структура. Примером таких сигналов могут служить звуки речи.

Во время лабораторных исследований слуховой локализации, когда испытуемый, как правило, максимально обездвижен, имеют место ошибочные оценки направления. Действительно, если голова слушателя неподвижна, то одному и тому же биноуральному параллаксу соответствует множество возможных направлений положения звука (рис. 84). Решающим фактором, позволяющим преодолеть эти иллюзии являются активные движения слушателя. В естественных условиях, где они возможны, иллюзии не возникают. Нормальная слуховая ориентация в пространстве связана с учетом последовательных изменений акустических сигналов, возникающих при движениях слушателя. Исследования немецкого психолога X. Валлаха (1939) показали, что испытуемый, получающий ложную информацию о связи собственных движений с движениями источника звука, ошибается и в оценке пространственного положения источника звука.

Предположим, что испытуемый может поворачивать голову в подбороднике лишь вправо или влево. Если двигать скрытый источник звука, находящийся прямо перед ним, одновременно с каждым движением головы в

192

ту же сторону и на то же расстояние, то испытуемый отмечает, что источник звука расположен у него над головой. В самом деле, только для этого положения горизонтальные движения головы не приводят к изменению относительной локализации источника звука. Если разрешить испытуемому наклонять голову в стороны, то иллюзия исчезает. Эти простые эксперименты подчеркивают роль активных движений наблюдателя для правильной локализации звуков.

В отличие от определения направления, возможности чисто слуховой оценки удаленности ограничены. Слабыми признаками удаленности служат общая громкость, а также доля высокочастотных дополнительных колебаний в спектре сигнала, интенсивность которых быстро слабеет с увеличением проходимого звуком расстояния. Таким образом, удается определить удаленность знакомых звуков сложной структуры. Можно ожидать более высокой точности оценки расстояния до источника звука в естественных условиях, где возможно многократное определение направления на источник звука в различных точках пространства.

Как показывают современные исследования, биноуральное предъявление акустических сигналов, сопровождающееся возникновением пространственного (стереофонического) эффекта, позволяет значительно улучшить опознание звуков. Это становится возможным благодаря целому ряду эффектов. Во-первых, точно локализуя источник интересующих его звуков (например, собеседника), слушатель оказывается способным не обращать вникания на другие звуки (например, обрывки посторонних разговоров). Во-вторых, общий шумовой фон, источники которого часто не имеют точной локализации, воспринимается находящимся где-то в медианной плоскости головы, тогда как слабый, но обладающий биноуральным параллаксом сигнал слышится приходящим из определенного направления пространства и по этому

признаку может быть эффективно отделен от шума. Наконец, оказалось, что степень маскировки одного звука другим можно уменьшить, увеличив различие в их пространственном положении. Возможно, это объясняется тем, что вследствие различий моноуральных акустических сигналов максимальные

193

амплитуды бегущих волн приходятся в обоих улитках на разные участки основной мембраны.

4. Звуковысотный слух

Как уже неоднократно отмечалось, восприятие представляет собой включенную в деятельность систему перцептивных действий, каждое из которых имеет не только афферентные, но и эфферентные компоненты. Так, моторным звеном осязания являются ощупывающие движения рук, а моторным звеном зрительного восприятия — движения глаз, с помощью которых человек выделяет существенные признаки объекта и уточняет уже известные.

Большое значение для изучения роли моторных компонентов в слуховом восприятии имеют исследования А. Н. Леонтьева, Ю. Б. Гиппенрейтор и О. В. Овчинниковой (1959), посвященныеформированию звуковысотного слуха. Это исследование показало, что моторным аппаратом слухового восприятия в случае музыкального слуха является аппарат голосовых связок.

Восприятие высоты звукового тона — одно из важнейших условий музыкального слуха. Можно было бы думать, что звуковысотный слух представляет собой весьма простой, полуавтоматический процесс. Однако экспериментальные данные говорят, что это не так.

Допустим, испытуемому предъявляются два одинаковых по высоте, но разных по тембру тона, так что один из них звучит, как "И", а другой — как "У". Задача испытуемого заключается в оценке сравнительной высоты этих тонов. Оказывается, что значительное большинство испытуемых не замечает, что высота обоих тонов одинакова, и утверждает, что тон, данный в тембре "И", выше, а тон в тембре "У" — ниже.

Этот факт объясняется тем, что люди, выросшие в культуре русского или, например, немецкого языков не в состоянии абстрагироваться от невербальных особенностей звука и выделить высоту как существенную компоненту предъявленного тона. Восприятие тона оказывается, таким образом, комплексным процессом, включающим в свой состав элементы речевого слуха. Это процесс, имеющий

194

социально-историческое происхождение и сложное, системное строение. Характерно, что люди, в родном языке которых тембральные компоненты не играют решающей роли, не испытывают подобных трудностей и легко оценивают оба тона, как одинаковые по высоте[x)]. Это еще раз показывает, что перцептивные действия, сформированные в разных социальных условиях, имеют разное психологическое строение.

Принципиально важным является вопрос о средствах достижения правильного восприятия высоты тона — средствах, позволивших бы слушателю абстрагироваться от дополнительных тембральных компонентов, входящих в состав воспринимаемого звука. Как показали упомянутые опыты, таким средством является пропевание тона, иначе говоря, включение в перцептивное действие оценки высоты звука моторной системы, не участвующей в речи, но включенной в систему музыкального слуха. Когда слушателям предлагалось пропевать оба предъявленных тона, они легко отвлекались от тембральных компонентов и переходили к правильной оценке высоты предложенных тонов.

Таким образом, включение развернутого звукового анализа в систему музыкального слуха посредством пропевания позволяет успешно абстрагировать высоту тона от сложной системы дополнительных признаков и в высокой степени повышает точность оценки высоты этого тона. Формирование музыкального слуха, основанное на методе активного пропевания, позволяет существенно повысить эффективность музыкального обучения и дает возможность развить ту тонкость анализа высоты звука, достижению которой препятствует включение в восприятие анализа компонентов речевого слуха.

Эти исследования показывают, что даже такой, казалось бы элементарный процесс, как восприятие высоты тона, на самом деле является сложным перцептивным действием. Чтобы оценить высоту тона, человек должен отвлечься от дополнительных, несущественных компонентов, которые содержатся в звуковом сигнале, например, от тембральных признаков. А это может быть сделано с помощью включения моторных компонентов пропевания, освобождающих высокую точность звуковысотного анализа.

195

5. Речевой слух

Сложные формы слуха не ограничиваются восприятием звуковысотных отношений и явлениями музыкального слуха. Едва ли не наибольшее значение в психологии слуха играет восприятиеречевых звуков.

Восприятие речевых звуков является сложным процессом, для которого недостаточно иметь острый слух. Многие животные имеют значительно более тонкий слух, чем человек, но они не могут отчетливо различать звуки речи.

Звуки речи являются сложной системой тонов (гласные) и шумов (согласные звуки); в них входят многие составные части (гармоники). Однако существенным для речевого слуха является различение основных звуков речи, которые придают слову известное значение. Такие звуки, изменение которых меняет смысл слова, называются фонемами.

В разных языках имеются различные признаки, на основе которых формируются фонемы. Так, в русском языке фонематическими признаками гласных является преобладание определенных частот, имеющих наибольшую амплитуду. Соответственно этим преобладающим частотам или формантам в русском языке различаются такие гласные, как у-о-а-э-и:

У	О	А	Э	И
250 гц	500 гц	1000 гц	2000 гц	4000 гц

Изменение формант придает гласным звукам новое значение, которое изменяет смысл слова, например: мул-мол-мал-мел-мил. Наоборот, тембр голоса или длина гласного не меняет смысла слова. Так, можно произнести слово "море" басом или дискантом, протяжно или кратко, смысл слова не изменится. Наоборот, в немецком языке продолжительность гласного меняет смысл слова (например: Stadt=город, а Staat=государство, satt=сытый, а Saat=посев). Поэтому естественно, что признаки, меняющие смысл слова различаются хорошо, в то время как признаки, не меняющие смысл слова (их называют признаками "вариант") воспринимаются менее четко.

196

Для согласных звуков фонематические признаки в разных языках также являются различными. Так, в русском языке к этим признакам относятся звонкость и глухость (дом — том, бочка — почка), твердость и мягкость (мел — мель, пыл — пыль), ударность и безударность (за́мок — замо́к). В английском языке фонематическим признаком является фрикативность (vine=виноград, wine=вино), в грузинском — резкость взрывного звука (puri=хлеб, p'uri=буйволица) и т. д. Естественно, что и в этих

случаях смыслоразличительные признаки звука дифференцируются лучше, чем не меняющие смысла "варианты".

Различение звуков речи заключается в выделении смыслоразличительных признаков и отнесении обладающих этими признаками звуков к определенной категории. Именно в связи с этим фонемы обозначаются определенными буквами, что отражает основной процесс фонематической организации слуха — превращение бесконечных звучаний, плавно переходящих друг в друга, в дискретные и обобщенные единицы.

Речевой фонематический слух является, таким образом, сложным процессом, включающим в свой состав целый ряд перцептивных операций: выделение фонематических признаков и отнесение речевого звука к определенной категории. Так же, как и в случае музыкального слуха, в состав восприятия речи входят не только сенсорные, но и моторные компоненты, на этот раз — не в виде пропевания, а в виде проговаривания, которое обеспечивает выделение нужных признаков и уточняет фонематическое восприятие.

Соответственно значительно более сложной структурой речевого слуха — его центральный мозговой аппарат оказывается более развитым, чем аппарат как элементарного, так и музыкального слуха. В центральный аппарат речевого слуха входят вторичные отделы левой височной доли. Эти отделы (поля 21, 22 Бродмана) состоят преимущественно из нейронов второго и третьего (ассоциативных) слоев и имеют богатые связи с двигательными постцентральным и премоторным отделами речевой области. Подобная организация позволяет этим областям височной коры работать в тесном контакте с двигательными речевыми зонами и обеспечивает участие процессов проговаривания

197

в уточнении воспринимаемых звуков.

Поэтому поражение указанных вторичных отделов левой височной области, не вызывая нарушений остроты слуха, приводит к нарушению различения близких звуков речи (рис. 85).

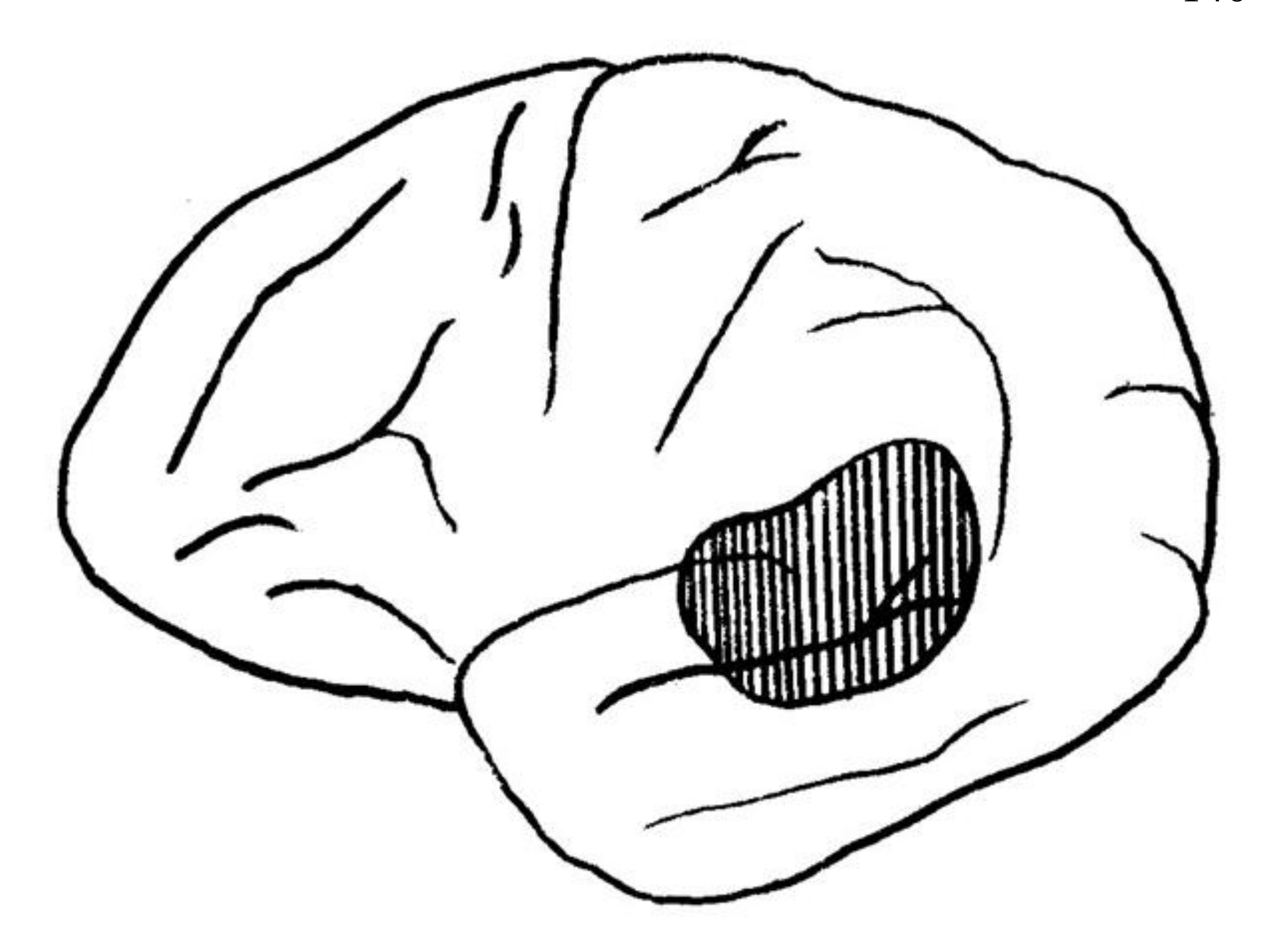


Рис. 85. Участки мозга, поражение которых приводит к распаду фонематического слуха (по А. Р. Лурия, 1969).

Такие больные продолжают слышать элементарные звуки, сохраняют музыкальный слух, но не могут различать фонемы, в особенности те, которые отличаются только одним признаком, например, звонкостью (б-т, д-т, г-к), а поэтому оказываются не в состоянии понимать смысл близко звучащих слов[x)].

198

Естественно, что больные, которые не могут четко различать звуки речи, теряют способность писать, делая грубые ошибки, указывающие на распад сложной системы фонематического слуха (рис. 36).

Письмо под диктовку

Б-ой Страт. Ранение левой височной обл. (1)

Б-ой Ос. Ранение левой височной обл. (2)

Б-ой Павл. Ранение левой височной обл. (3)

Б-ой Звор. Ранение левой височной обл. (4)

Рис. 86. Образец письма больного с сенсорной афазией
(по А. Р. Лурия, 1969).

199

VI. КОЖНО-МЫШЕЧНАЯ СИСТЕМА

Кожно-мышечная система обеспечивает получение самой разнообразной информации о состоянии тела и занимает в этом отношении ведущее место среди других перцептивных систем.

Проприоцептивная информация включает в себя различные аспекты и поэтому, кожно-мышечная система является сложным, иерархически организованным образованием. Наиболее примитивные ее подсистемы связаны с болевой и температурной

чувствительностью. Более сложные подсистемы обеспечивают тактильную чувствительность и участвуют в регуляции движений. Наконец, с помощью активного осязания возможны наиболее сложные формы предметного восприятия.

1. Болевая чувствительность

Кожа не только защищает внутренние ткани тела от вредных внешних воздействий, способствует выделению продуктов обмена, участвует в терморегуляции, но и является органом чувств. Кожная чувствительность, или соместезия, включает болевые и температурные ощущения, а также тактильные ощущения прикосновения, давления и вибрации.

Болевая чувствительность представляет собой наиболее элементарный компонент соместезии. Это доказывается как простотой ее периферических звеньев, так и низким расположением соответствующих центральных образований.

Долгое время считалось, что специализированных болевых рецепторов не существует, и болевые ощущения возникают при достаточно сильном раздражении любых сенсорных волокон. Однако в настоящее время установлено, что рецепторами боли являются свободные окончания тонких (медленных) волокон, расположенные во всех чувствительных тканях тела. Сенсорные импульсы идут по этим волокнам к задним корешкам спинного мозга, затем переходят на противоположную сторону и в составе

200

так называемой экстралемнисковой системы проводящих путей (рис. 87) поступают в головной мозг.

Аксоны нейронов экстралемнисковой системы оканчиваются в таламусе. Поэтому при его повреждении, как правило, возникают нарушения болевой чувствительности. Обычно это выражается в появлении нестерпимых, труднолокализуемых болей, называемых таламическими.

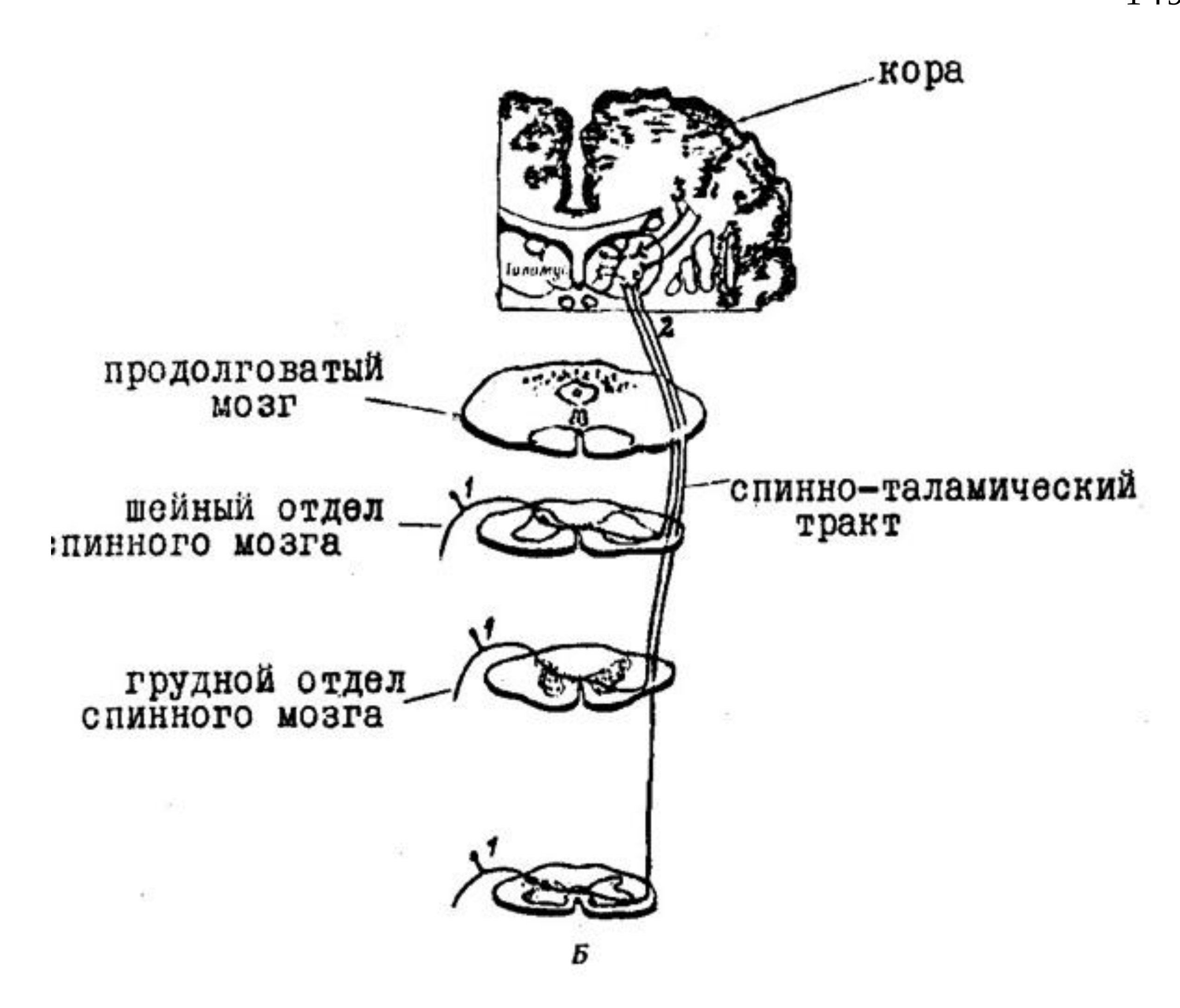


Рис. 87. Экстралемнисковая система проводящих путей соместетической чувствительности (по С. Оксу, 1969).

Изучение сенсорных механизмов боли имеет большое практическое значение, связанное с решением проблемы обезболивания. Самоотверженные усилия исследователей привели, в частности, к созданию точных методов болевой стимуляции. Один из них заключается в электрическом раздражении зубного нерва через специальную пломбу. По другому методу на коже

201

предплечья, покрытой черным пигментом, фокусируют тепловое излучение от мощной электрической лампы. В зависимости от мощности теплового потока по истечении того или иного периода времени у испытуемого возникает ощущение жгучей боли. По тепловому потоку, дающему такой эффект в течение 3 сек иногда определяют порог болевой чувствительности. При введении обезболивающих препаратов, например, морфина, величина этого порога повышается.

Психофизические измерения показали, что с увеличением интенсивности раздражителя величина болевого ощущения растет с исключительной быстротой. По данным С. С. Стивенса эти отношения выражаются степенной функцией с экспонентой, лежащей между 3 и 4 (см. стр. 77 и др.). Болевая чувствительность отличается также почти полным отсутствием адаптации. Обе эти особенности подчеркивают экстренный и не терпящий отлагательств характер болевой информации. В то же время на результаты психофизических исследований

боли влияет целый ряд трудноучитываемых факторов: отношение испытуемого к опыту, его внушаемость, экспериментальное или искусственное происхождение боли и т. д.

Хорошо известно, что существуют разные виды боли. Так, боль от ожога отличается от боли при перерезке мышечной ткани. Наиболее явное различие имеется между острыми (как в первый момент после укола иголкой) и тупыми (телесными) болями. Особый интерес для изучения представляют тупые боли, т. к. они близки к болям, возникающим при различных заболеваниях. Психофармокологические исследования показали, что тупые боли в большей степени, чем острые, подвержены действию болеутоляющих веществ.

При повреждении тканей вначале возникает острая и лишь затем тупая боль. Было высказано предположение, что эти различия в латентных временах связаны с передачей соответствующей информации по волокнам с различной скоростью проведения. Эта гипотеза в настоящее время считается доказанной. Одно из доказательств заключается в измерении временного интервала между появлением острой и тупой боли в зависимости от удаленности раздражаемого участка тела от ЦНС. Оказалось,

202

например, что этот интервал больше при ожоге бедра, чем при ожоге плеча (Т. Льюис и Э. Пончин, 1937).

Несмотря на интенсивные исследования до сих пор остается нерешенным вопрос о природе вызывающего боль раздражителя. Действительно, хотя в большинстве случаев ощущение боли связано с механическим, термическим, электрическим или химическим разрушением тканей, известны отклонения от этого правила. Так, интенсивное облучение кожи рентгеновскими лучами или обморожение не сопровождаются болевыми ощущениями. Поэтому многие специалисты считают, что активация болевых рецепторов осуществляется посредством химических веществ, обычно выделяющихся при повреждении тканей тела.

Таким образом, возможно, что болевая чувствительность является разновидностью хеморецепции. В настоящее время усилия исследователей сконцентрированы на выделении этих химических агентов. Одним из "подозреваемых" веществ является гистамин, вызывающий болезненное расширение стенок сосудов и использующийся для экспериментального создания головной боли.

Рассмотренные элементарные механизмы не исчерпывают всех связанных с болью психологических проблем. Для человека часто не столь мучительна сама боль, сколько осознание ее причин и последствий. Поэтому, хотя мозговые аппараты боли находятся в подкорке, медицине известны факты, когда в случае нестерпимых мучительных болей страдания больного уменьшались от сопутствующего повреждения проводящих путей лобных долей мозга. При этом, по-видимому, интенсивность болевых ощущений оставалась прежней, но ослаблялся контроль больного над собственным состоянием.

2. Температурная чувствительность.

Подобно другим видам сенсорных процессов температурная чувствительность участвует в регуляции различных по сложности поведенческих актов. На самом низком уровне она представляет собой афферентное звено рефлекторных реакций сохранения

203

теплового баланса организма и среды, как озноб, изменение скорости кровотока, потоотделение и т. д., на значительно более высоком уровне температурная чувствительность побуждает нас одеть теплую одежду или закрыть окна. В том и другом случае информация о температуре поступает в ЦНС от специализированных рецепторов.

Рецепторы температурной чувствительности так же, как и болевой, представляют собой свободные окончания тонких нервных волокон. Они находятся

во втором чувствительном слое кожи между ороговевшей оболочкой и подкожной клетчаткой. Нервные окончания расположены как в волосяных, так и в безволосых участках кожи. Во втором случае они оканчиваются в состоящих из соединительной ткани капсулах. Однако, как показывают исследования, температурная чувствительность одинаково высока в обоих случаях, поэтому эти капсулы нельзя считать температурными рецепторами.

Вопрос о механизме раздражения температурных рецепторов столь же не ясен, как аналогичные вопросы для болевой, вкусовой или обонятельной чувствительности. Согласно одним теориям, рецепторы реагируют на изменение температуры тканей или на возникающие в них объемные градиенты температуры. Против этих объяснений говорит относительная медленность изменения температурных ощущений. Другая теория, автором которой является американский физиолог Дж. Нэф (1968), связывает информацию о температуре с механическим воздействием, оказываемым на рецептор деформирующимися под влиянием тепла или холода тканями. Эта теория позволяет объяснить безуспешность попыток найти волокна, реагирующие отдельно на тепло или на холод. Различение тепла и холода может быть основано, с этой точки зрения, на различных в реакциях гладкой мускулатуры и сосудов кожи на эти физические раздражители.

Проводящие пути температурной чувствительности совпадают с путями болевой. Они идут в составе экстралемнисковой системы (рис. 87), заканчиваясь на уровне таламуса. Лишь незначительное число волокон поступает

204

дальше в нижнюю часть постцентральной извилины коры головного мозга.

Как показали психофизические исследования, наш организм не всегда представляет собой хороший термометр. Так, температура различных участков кожи варьирует от 28 до 34°С, но эти различия не замечаются человеком. Фактически, при раздражении небольших участков кожи мы замечаем лишь резкие изменения температуры. Это говорит о том, что температурные ощущения подвержены сравнительно высокой адаптации.

Адаптацию температурной чувствительности можно продемонстрировать следующим образом. В течение 5—10 минут одна рука держится в сосуде с холодной, а другая — с теплой водой. Затем обе руки одновременно опускаются в сосуд с водой комнатной температуры. При этом, как ни парадоксально, одной рукой (бывшей в холоде) ощущается тепло, а другой рукой (бывшей в тепле) — холод.

Важное место в анализе температурной чувствительности занимает понятие физиологической нулевой температуры. Это температура, которая при данных условиях кажется ни теплой, ни холодной. Как видно, физиологическая нулевая температура представляет собой ничто иное как уровень адаптации в понимании Г. Хелсона (см. стр. 86). При длительном воздействии раздражителя уровень температурной адаптации может сравняться с его величиной, если только она лежит в пределах от 24 до 35°. В этих границах знак изменения температуры определяет появление ощущений "теплого" и "холодного". При выходе температуры раздражителей за эти границы они всегда воспринимаются нами как теплые или холодные независимо от времени стимуляции кожи.

При средних температурах величина порогов ощущений очень сильно зависит от уровня адаптации. На рис. 88 показана величина абсолютных порогов для ощущения "теплого" и "холодного" в зависимости от температуры, к которой длительное время была адаптирована кожа. Из рисунка видно, что при адаптации к низким температурам пороги "холодного" низки, а "теплого" высоки, и наоборот, при нагревании кожи достаточно небольшого

205

повышения температуры для возникновения ощущения "теплого", а ощущение "холодного" возникает лишь при сравнительно сильном нагревании (см.

также стр. 85 и др.). Любопытно, что чувствительность к холоду у женщин (кривая 2) выше, чем у мужчин (кривая 1).

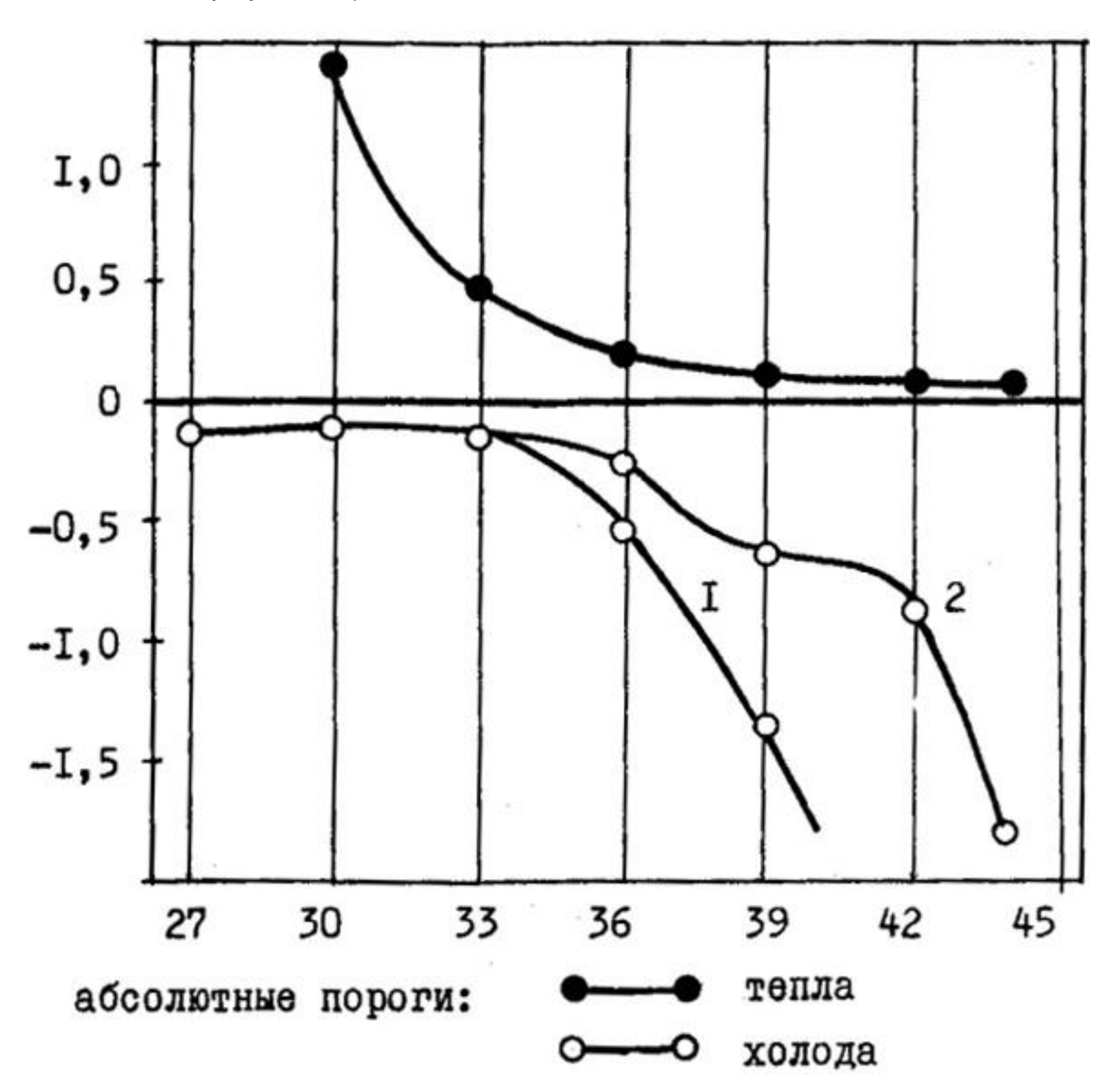


Рис. 88. Абсолютные пороги ощущений "теплого" и "холодного" в зависимости от температуры, к которой длительное время была адаптирована кожа (по Дж. Нэфу и Д. Кеншало, 1966):
1) мужчины
2) женщины.

Скорость и величина адаптации зависят от величины раздражаемой поверхности. Чем она больше, тем меньше адаптация. Эта зависимость объясняет тот факт, что адаптация к температуре окружения практически отсутствует.

206

От площади стимулируемой поверхности кожи сильно зависят и пороги температурных ощущений. Так, сравнительно трудно определить температуру предмета концом пальца и, напротив, легко, прикладывая к нему целую ладонь.

Этот эффект называется температурной пространственной суммацией. Он аналогичен зрительной пространственной суммации (см. стр. 112). Зона полной пространственной суммации равна, например, для кожи лба 15÷20 $см^2$.

Изучение пространственной температурной суммации позволяет понять некоторые особенности центральной переработки информации о температуре. Например, одновременное раздражение ладоней левой и правой руки требует для возникновения ощущений "теплого" на 30% меньше энергии, чем при раздражении только одной ладони. Однако при раздражении одной из ладоней и кожи лба подобная пространственная суммация полностью отсутствует. Отсюда следует, что обработка температурной информации осуществляется не в зависимости от анатомотопографической близости раздражаемых участков тела, а в зависимости от их функционального родства (Дж. Харди и Т. Оппель, 1937).

3. Тактильные ощущения

Основным видом соместезии является тактильная чувствительность. Она включает ощущения прикосновения, давления и вибрации.

Рецепторы тактильной чувствительности оканчиваются во втором слое кожи. Они бывают двух видов. В волосистых частях кожи нервные окончания подходят непосредственно к волосяным луковицам. В безволосных они заканчиваются в состоящих из клеток соединительной ткани капсулах. Известен целый ряд таких капсул: тельце Майснера (прикосновение), диски Меркеля (прикосновение), тельца Гольджи-Массони (прикосновение, давление), тельца Пачини (прикосновение, давление) и т. д.

207

Независимо от присутствия специальных капсул пороги активации сенсорных нервов примерно одинаковы. Это говорит о том, что эти капсулы нельзя рассматривать в качестве рецепторов для определенных качеств тактильных ощущений.

Раздражителем механорецепторов кожи является движение окружающих тканей. Американский исследователь Дж. Нэф наблюдал в микроскоп движение груза, опущенного на кожу, и одновременно регистрировал сообщения испытуемого. Оказалось, что ощущение прикосновения продолжается лишь в течение того времени, пока груз погружается в кожу и прекращается, когда сопротивление кожи уравнивает его вес. Когда часть груза удаляется так, что он несколько поднимается вверх, то на короткое время вновь появляется ощущение прикосновения. Эти наблюдения были также полностью подтверждены в опытах с регистрацией активности отдельных сенсорных волокон (Дж. Нэф и Д. Кеншало, 1966).

Гистологические исследования показали, что плотность тактильных рецепторов в различных участках кожи соответствует их функциональной важности для осязания. В одном квадратном миллиметре тыльной поверхности кисти находится 29 рецепторов, лба — 50, кончика носа — 100, кончика большого пальца — 120.

Сенсорные пути тактильной чувствительности в основном состоят из толстых (быстрых) волокон. Они входят в состав лемнисковой системы проводящих путей (рис. 89). В силу того, что проводящие пути тактильной чувствительности отличаются от путей болевой и температурной, при некоторых поражениях спинного мозга возможно избирательное выпадение того или другого вида соместезии.

Волокна тактильной чувствительности, переключаясь в продолговатом мозге и таламусе, заканчиваются в постцентральной извилине коры головного мозга. Многочисленные исследования, среди которых следует отметить работы канадского нейрохирурга У. Пенфилда, позволили установить, что отдельные участки тела представлены в

208

постцентральной извилине по функциональному, а не просто по топографическому признаку (рис. 90). Положенные в основу подобных мозговых карт данные были

получены двумя способами: на основе субъективного отчета испытуемых об ощущениях, возникающих при раздражении тех или иных точек мозга, и строго объективно — с помощью регистрации ответов коры, вызванных раздражением определенных участков кожи. Оба вида данных полностью соответствуют друг другу.

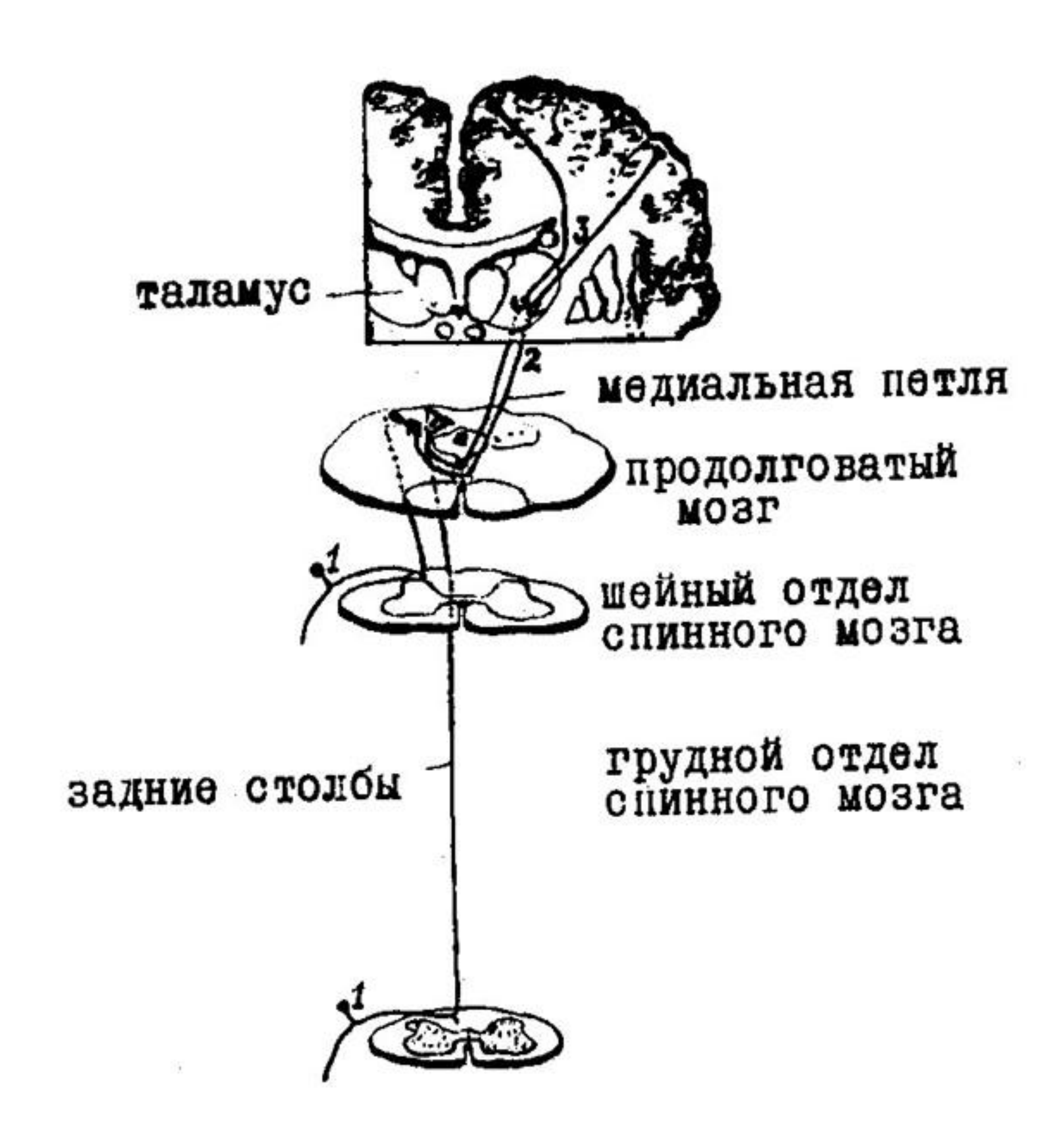


Рис. 89. Лемнисковая система проводящих путей соместетической чувствительности (по С. Оксу, 1969)

Психофизические исследования тактильной чувствительности связаны как с анализом различных качеств ощущений, так и с измерением порогов в зависимости от места раздражения. В таблице 3 представлены абсолютные пороги ощущения давления для разных участков кожи. Дифференциальные пороги давления варьируют от 0,14 до 0,40.
209

Другой метод оценки тактильной чувствительности состоит в измерении того максимального расстояния между двумя одновременно раздражаемыми точками кожи, при котором испытуемому еще кажется, что раздражается всего лишь одна точка. Со времен Э. Х. Вебера для этих исследований используется напоминающий циркуль прибор, называемый эстезиометром. Некоторые из значений порогов пространственной остроты осязания представлены в таблице 4. Как видно, эти данные вновь отражают функциональную значимость тех или иных участков тела.

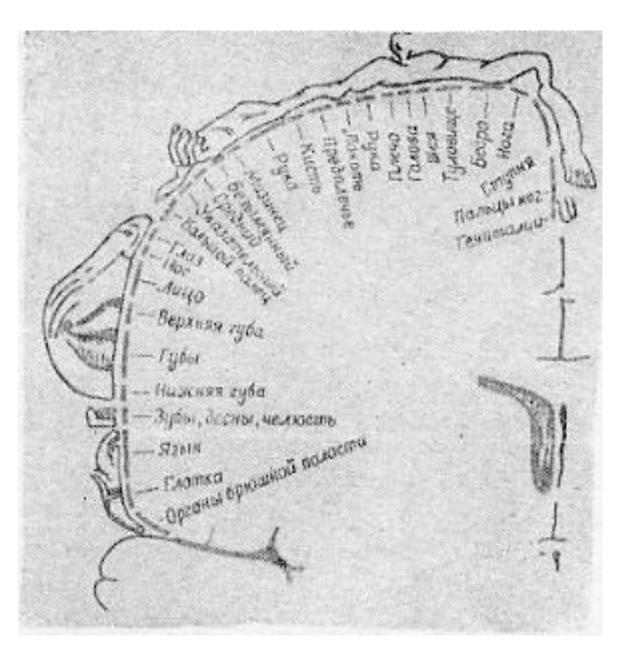


Рис. 90. Гомункулюс Пенфилда (по Д. Дейчу, 1970). Схематическое изображение сенсорных проекций различных участков тела в постцентральную извилину коры головного мозга

Для подчеркивания пространственной картины действующих на кожу механических сил большое значение имеет открытое Г. Бекоши (1959) явление взаимного торможения
210

Таблица 3.

Пороги ощущения прикосновения для различных участков кожи (в граммах на мм^2)

Кончик языка	2
Кончики пальцев	3
Тыльная сторона ладони	5
Предплечье	8
Икры ног	15
Поясница	48
Подошва	250

Таблица 4

Пространственные пороги осязания для различных участков кожи (в мм)

Кончик языка	1
Кожа на сгибе пальцев	2,2
Губы	4,5
Шея	54
Спина	67

211

близких осязательных раздражителей. Этот феномен аналогичен явлению латерального торможения и поэтому, для него справедлив данный ранее на стр. 114 анализ.

Существование латерального торможения в тактильной сфере может объяснять тот факт, что ошибка локализации одиночного раздражителя, как правило, заметно меньше, чем пространственная острота осязания (Э. Боринг, 1942).

Тактильная чувствительность характеризуется не только пространственной, но и временной остротой. Для оценки разрешающей способности осязания во времени используются специальные зубчатые колеса или электрические вибраторы, которые могут стимулировать кожу с различной частотой и силой. Полученные таким образом пороги также подчиняются принципу функциональной организации. При достаточно сильной амплитуде раздельными воспринимаются колебания частотой до 12000 гц. Участие других перцептивных систем в вибрационной чувствительности обсуждалось ранее (см. стр. 54).

Временная разрешающая способность важна для таких функций тактильной чувствительности, как различение гладких и шершавых поверхностей. Немецкий психолог Д. Катц (1925) установил, что испытуемые успешно отличают сорта бумаги по очень тонким различиям в качестве ее поверхности. Так, испытуемые могли замечать неровности бумаги, равные всего лишь 0,02 мм. Это более высокая чувствительность, чем у зрительной системы. В ее основе лежит ориентировка на различие в вибрационных ощущениях, возникающих при движении пальцев на поверхности предмета.

В настоящее время еще слишком мало известно о том, каким образом мы можем "на ощупь" определить такие свойства объектов, как влажность или сухость, твердость или мягкость. Несомненно, однако, что эти виды восприятий не сводятся к раздражению каких-либо специализированных рецепторов, а представляют собой результат сложной обработки сенсорной информации, включающей как более элементарные (температура), так и более сложные (кинестезия) компоненты.

212

4. Схема тела и регуляция движений

Хотя вся поверхность нашего тела представляет собой орган чувств, поступающей от нее информации недостаточно для локализации ощущений на границах соответствующей трехмерной структуры. Эту функцию системы координат, по отношению к которой локализуются сигналы кожной чувствительности, выполняет схема тела — субъективный образ взаимного положения и состояния движения частей тела в пространстве.

Психологически схема тела обладает рядом замечательных свойств. Это непосредственно принадлежащая наблюдателю часть его субъективного опыта, легко доступная различным активным воздействиям. Границы схемы тела простираются дальше физических границ самого тела. Они включают длительное время находившиеся в контакте с телом предметы: одежду, инструменты и даже средства передвижения. Характерно, что при этом и сами тактильные ощущения локализуются уже не на поверхности кожи, а на границах этих предметов. Зубной врач получает великолепное тактильное представление о больном зубе, ощупывая его зубоврачебными инструментами. Опытный шофер непосредственно, "кинестезически" чувствует перегрузку мотора на подъемах и т. д.

Большое значение имеет анализ нарушений схемы тела для медицинской психологии. Известно множество разновидностей подобных нарушений. В клинической практике встречаются растяжения, сжатия и даже удвоения схемы тела. При отравлениях наркотиками схема тела часто принимает уродливые формы, напоминающие "гомункулюса Пенфилда" (рис. 90): увеличивается ротовая область и, особенно, пальцы рук (Х. Ленц, 1960). Можно было бы думать, что с помощью схемы тела удается также относительно просто решить проблему психофизиологических механизмов регуляции движений: схема тела содержит в себе информацию о положении частей тела в пространстве и этой информации достаточно, чтобы с помощью центральных эфферентных команд добиться нужного изменения их положения.

213

Однако имеющиеся данные показывают, что схема тела соответствует скорее тому, что должно быть на периферии двигательного аппарата тела, нежели тому, что осязательно есть в действительности. Иными словами, сведения о положении частей тела, лежащие в основе схемы тела, не связаны непосредственно с конкретной проприоцептивной информацией, отражающей реальное состояние суставно-мышечных звеньев.

Иллюстрацией сказанному могут служить некоторые тактильные иллюзии. Наиболее известная из них называется иллюзией Аристотеля. Чтобы ее получить, нужно, скрестив средний и указательный пальцы, прикоснуться к какому-либо предмету, например, шарику или собственному носу так, чтобы одновременно раздражались бывшие внешние стороны пальцев. Обычно в этом случае легко возникает впечатление не одного, а двух предметов, как если бы локализация тактильных ощущений осуществлялась из предположения нормального положения пальцев.

Об этом же свидетельствуют и данные самонаблюдений людей с ампутированными конечностями. Если ампутация была проведена в возрасте старше двух лет, то субъективное ощущение присутствия конечности остается иногда на всю жизнь. Эти так называемые фантомные конечности[x)] настолько реальны, что иногда человек, забывшись, может пытаться взять предмет несуществующей рукой. Лучше всего сохраняется подвижность пальцев фантомной руки (Д. Катц, 1921).

Таким образом, схема тела относительно нечувствительна к проприоцептивной и даже зрительной информации о состоянии двигательного аппарата. Между тем, как показал Н. А. Бернштейн (см. стр. 45 и др.), эта информация необходима для регуляции движений. Каков же смысл существования с одной стороны схемы тела, а с другой — проприоцептивной информации? Он заключается вкольцевой структуре сенсорных коррекций, согласно которой регуляция движений осуществляется на основе сравнения программы движений ("что должно быть" — схема тела) с проприоцепцией ("что есть в действительности").

214

Рассмотрим более подробно состав проприоцептивной информации. Очевидно, она должна отражать разнообразные состояния двигательного аппарата. Существует два основных типа изменения мышечной активности. В первом случае меняется длина мышцы, но ее напряжение остается постоянным ("изотоническое сокращение"). Во втором случае переменной является напряженность мышцы, а ее длина, напротив, постоянна ("изометрическое сокращение"). В соответствии с этим разделением часть проприоцепторов реагирует на изменение длины (рецепторы положения), а часть — на напряжение мышцы (рис. 91).

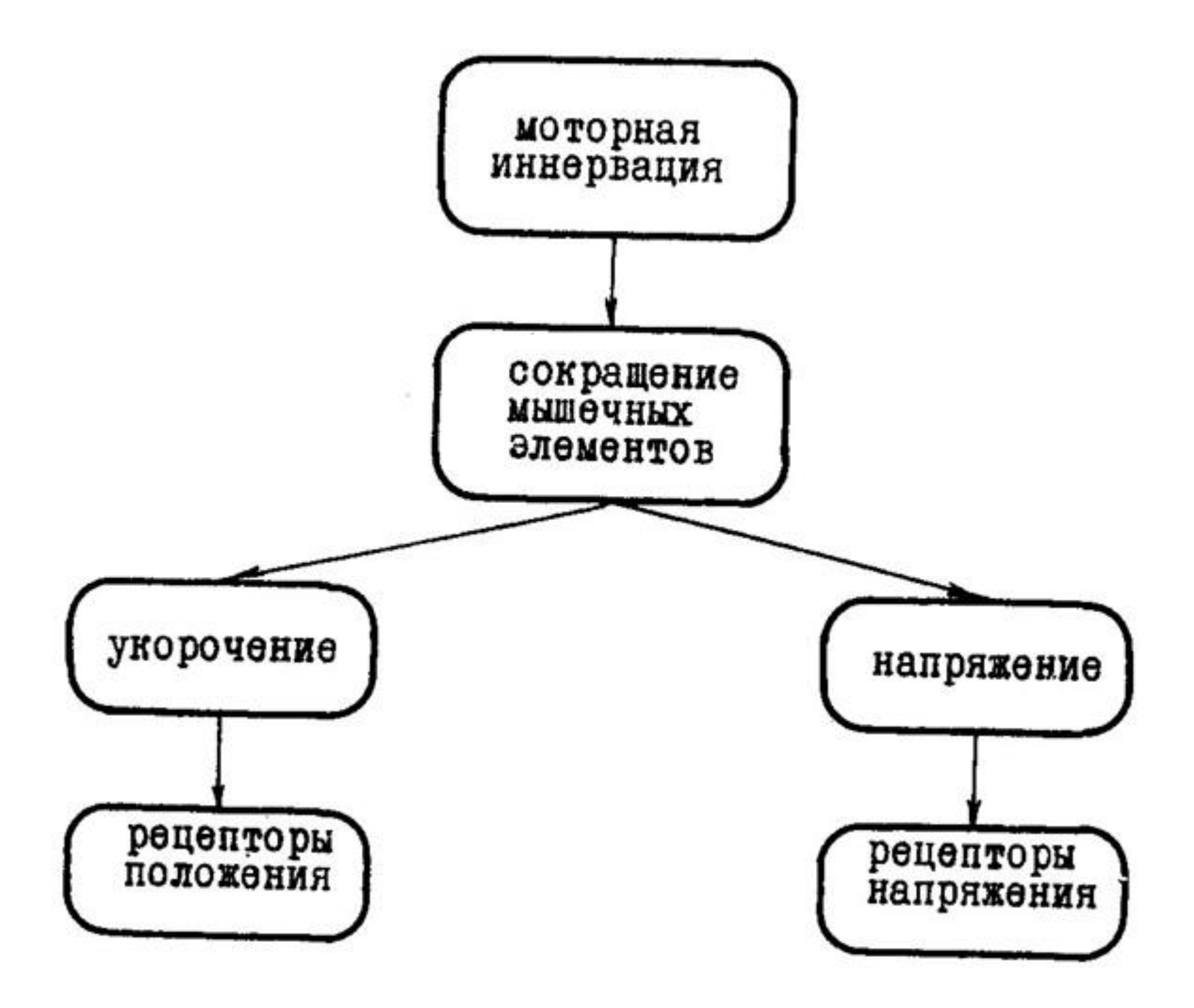


Рис. 91. Классификация типов изменения мышечной активности и проприоцепции.

Проприоцепторы отличаются от рецепторов тактильной чувствительности только по своему местоположению. Они расположены в мышцах, связках, сочленениях, суставных сумках и сухожилиях. Чаще всего встречаются три вида рецепторов:

215

1. Окончания Руффини, играющие в соместезии роль рецепторов прикосновения, расположены в суставных сумках и отвечают на растяжение в некотором определенном направлении. Их работу отличает высокая точность и практическое отсутствие адаптации. Вследствие того, что каждый сустав снабжен огромным числом таких рецепторов, всякому положению сустава соответствует определенный рисунок активности рецепторов.

2. В сухожилиях и мышечных связках расположены так называемые сухожильные органы Гольджи. Эти рецепторы реагируют не на положение, а на напряжение мышцы.

3. В окружающей сочленения соединительной ткани встречаются также тельца Пачини. Они очень быстро адаптируются и благодаря этому могут служить источником данных об изменении положения суставов.

Анализ элементарных сенсорных механизмов, участвующих в регуляции движений был бы неполон, если бы не было сказано о таком важном аппарате кожно-мышечной системы, какмышечные веретена. Они представляют собой расположенные в поперечно-полосатой мускулатуре веретенообразные структуры, достигающие в длину нескольких миллиметров (рис. 92).

Мышечные веретена обеспечивают сохранение заданной длины мышцы. Это происходит следующим образом. Удлинение мышцы под действием какой-либо внешней силы активирует α-афференты мышечных веретен. По ним информация поступает в спинной мозг, а из спинного мозга, через систему α-эфферентов, вызывается сокращение мышцы, приводящее к восстановлению ее исходной длины. Подобные системы называются в кибернетике системами с отрицательной обратной связью.

С помощью мышечных веретен не только сохраняется прежняя длина мышцы, но и в случае необходимости происходит установка новой длины. Для этого служит система γ-эфферентов, по которым поступает импульсация, меняющая пороги активации мышечных веретен. В результате меняется также та длина мышцы, которая поддерживается постоянной благодаря α-волокнам.

216

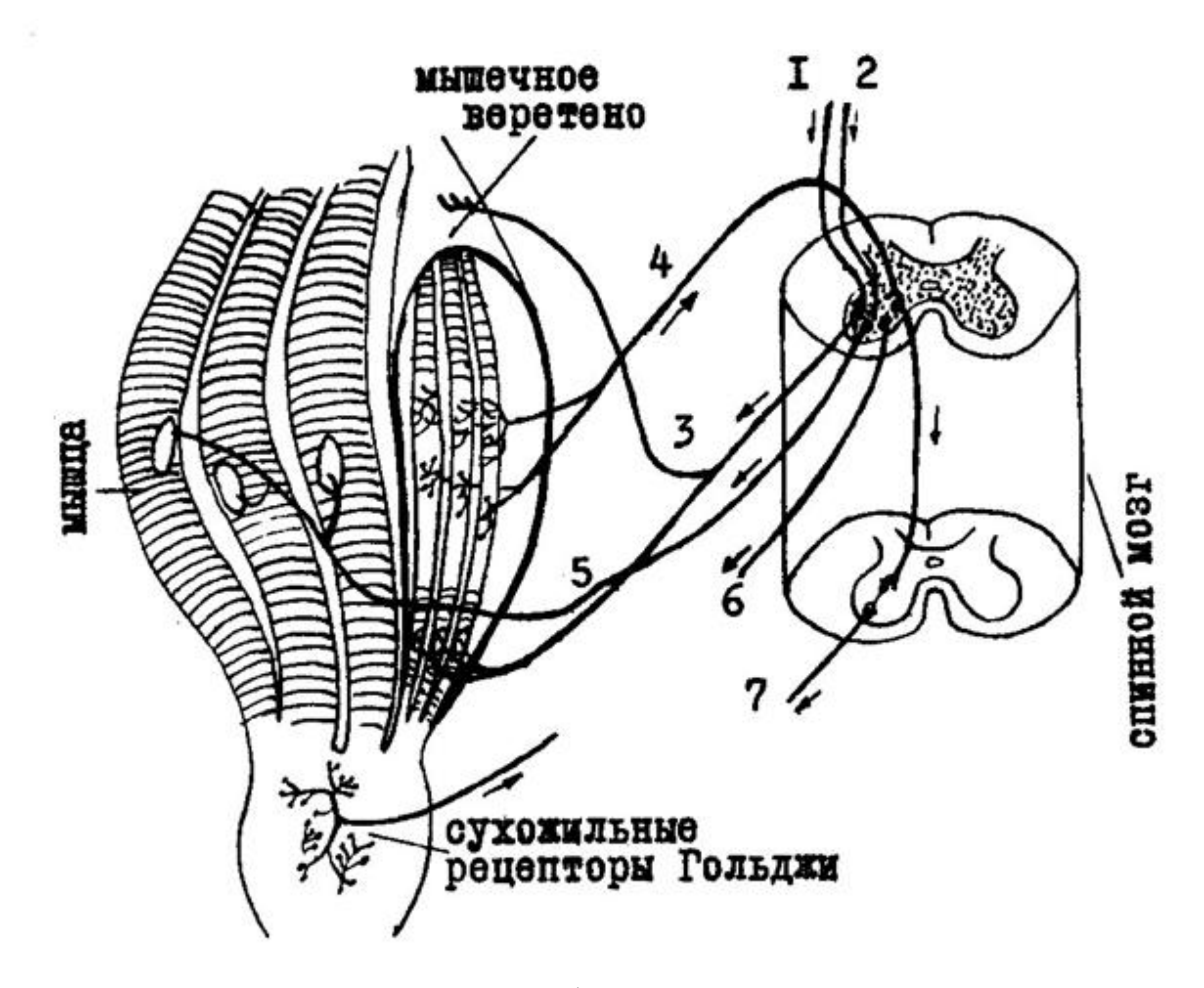


Рис. 92. Схематическое изображение мышечного веретена и его связей (по Н. Бишофу, 1966)

1—8 = нервные волокна; 1. к γ-мотонейронам; 2. к α-мотонейронам; 3. γ-эфферентация; 4. афферентация от мышечного веретена; 5. α-эфферентация; 6 и 7 — эфферентация к антагонистам и синергистам

Каким образом связана рассмотренная проприоцептивная информация с экстероцептивной пространственной информацией? Имеющиеся данные позволяют предположить, что "пространство тела" является более элементарным образованием, подчиненным внешнему пространству.

Это можно продемонстрировать, если поместив перед глазами карандаш острием вверх, фиксировать какую-либо удаленную точку. В этом случае карандаш проецируется на участки сетчаток, диспаратность которых превышает зону Панума (см. стр. 147) и изображение начинает двоиться. Затем пальцем свободной руки нужно прикоснуться к острию карандаша. Хотя раздражается лишь одна точка кожи, воспринимаются два прикосновения в разных точках пространства.

217

Значительно более впечатляющими являются эффекты, которые могут быть получены в специальных условиях. Так, во время индуцированного движения (см. стр. 161 и др.) испытуемый часто воспринимает иллюзорное движение всего тела относительно фронта неподвижных полос. Меняя характер зрительной кинестезии можно получить самые различные виды иллюзорного движения схемы тела: наклоны объектов в зрительном поле вызывают восприятие противоположных наклонов тела (рис. 93, а), горизонтальное движение полос — иллюзию движения в обратном направлении (рис. 93, б), "обтекающее" наблюдателя движение объектов — восприятие движения вперед и т. д.

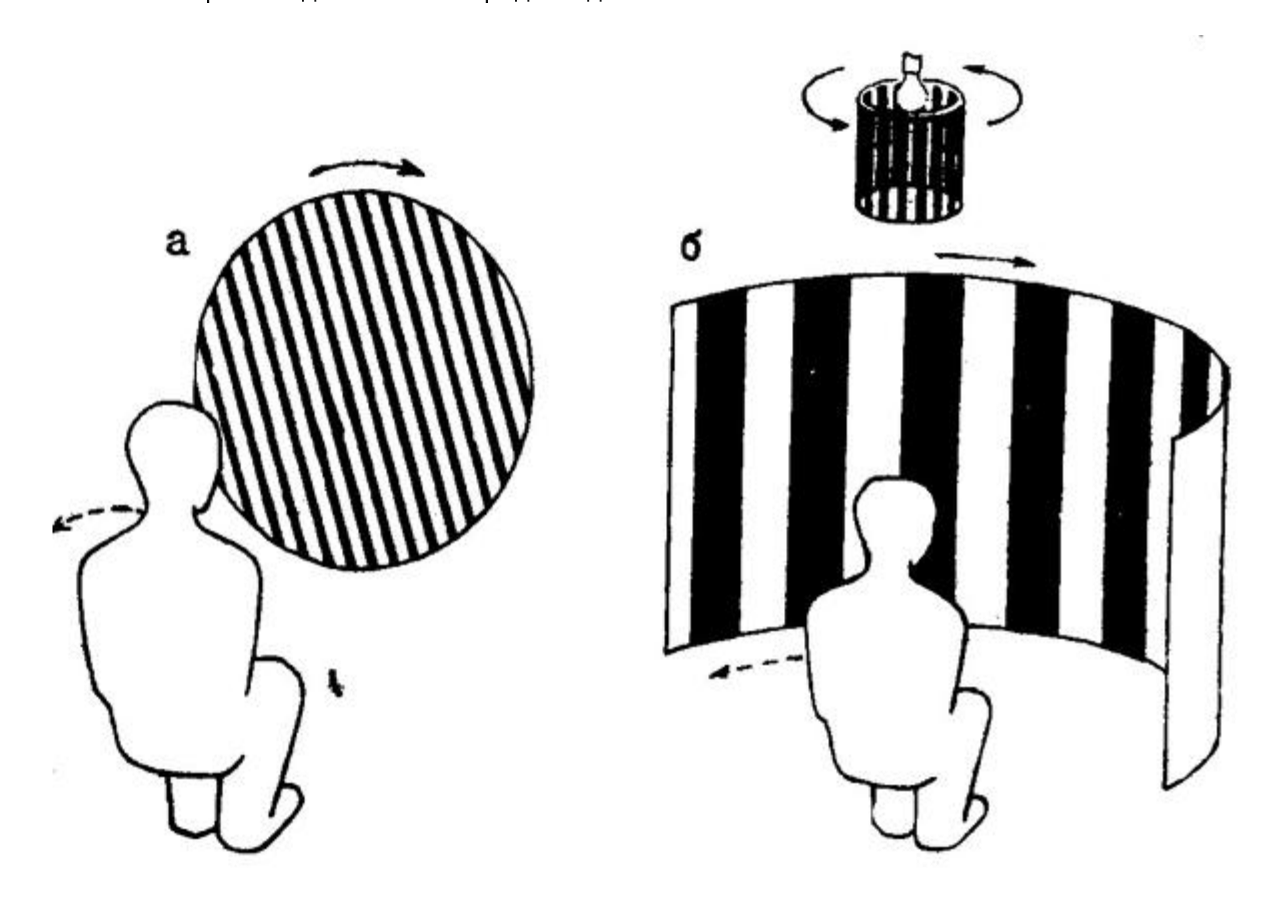


Рис. 93. Ситуации, в которых возникают иллюзии движения схемы тела:
а) наклоны в сторону,
б) движение в сагиттальном направлении.

218

5. Активное осязание
(гаптическое восприятие)

Как уже говорилось в разделе, посвященном тактильным ощущениям, кожно-мышечная система выполняет не только проприоцептивные, но и экстероцептивные функции. На основе активного осязания возможно создание целостного образа предмета. Известен ряд случаев, когда слепые, ориентируясь только на осязательное восприятие формы предметов, делали их успешные скульптурные копии (например, Лина По).

Фактором, организующим фрагментарную соместетическую информацию о предмете в его целостный образ, являются активные движения субъекта. Целый ряд фактов говорит о том, что с помощью одной тактильной чувствительности невозможно восприятие формы предмета.

> Если положить на неподвижную руку испытуемого какой-либо предмет, он не воспримет ничего кроме чего-то холодного или теплого, твердого или мягкого. Форма предмета так и останется невыясненной.
>
> Советский психолог Шифман подсчитал, что в словесном отчете испытуемого о предмете, приложенном к неподвижной руке, 98% занимают прилагательные, обозначающие отдельные качества, и почти отсутствуют существительные, обозначающие предмет. В этих же опытах было показано, что испытуемые не способны сколь-нибудь уверенно различать форму предметов.

Таким образом, для осязательного отражения предметов, необходимо то, что в технике называется сканированием, иначе говоря, необходимо последовательно обследование признаков предмета. На следующем этапе выделенные признаки должны быть синтезированы в образ предмета. Подобная структура процесса осязательного, или, как часто говорят, гаптического восприятия, предъявляет большие требования к кратковременному запоминанию уже выделенных, но еще не включенных в образ признаков.

Показателен тот факт, что просто пассивное перемещение

219

предметов относительно руки испытуемого недостаточно для гаптического восприятия. При таком последовательном предъявлении отражается цепь признаков предмета, но они не синтезируются в его целостный образ. Восприятие предмета в целом возможно только в ходе его активного ощупывания, когда движения руки как бы уподобляются его форме.

Большой вклад в анализ механизмов ощупывающих движений внесли вклад ученики Б. Н. Ананьева Л. М. Веккер и Б. Ф. Ломов. Исследования этих авторов показали, что ощупывающие движения имеют свою структуру. Прежде всего они представляют собой дискретный ряд движений и пауз, так что при их регистрации получается характерная прерывистая линия, напоминающая запись саккадических движений глаз (рис. 31).

Выделяются несколько различных стадий обследования предмета. Вначале преобладают мельчайшие движения, с амплитудой примерно 2÷3 мм. Эти движения прерываются на ребрах фигуры или на точках, в которых происходит изменение направления контура фигуры (см. стр. 172 и др.). Полученная во время этих движений и остановок информация составляет основу предварительной или ориентировочной фазы ощупывания. На второй стадии движения руки приобретают более общий, размашистый характер. Рука пробегает по всему предмету, причем движения уподобляются его форме. Только после этих "обзорных" движений руки возникает тактильный образ предмета.

> Хорошо известно, что разные части руки играют различную роль в процессе гаптического восприятия. Особенно велико значение большого и указательного пальцев. Во время бимануального (двуручного) ощупывания одна из рук (чаще левая) несет опорную функцию. В связи с тем, что было сказано выше про свойства схемы тела, понятно, что ощупывание может осуществляться с помощью какого-либо инструмента.

Структура процесса гаптического восприятия, естественно, в значительной степени определяется характером воспринимаемого предмета. Если мы имеем дело с простыми предметами, то опознание протекает очень быстро, без специального развернутого обследования. Совершенно иная картина имеет место при ощупывании предметов, характеризующихся сложным комплексом

220

признаков.

Примером может служить ощупывание ключа. Образ этого предмета должен быть синтезирован на основании нескольких элементов. Действительно, ключ состоит из стержня, который еще не является специфическим информативным признаком, кольца и бородки. Последняя деталь наиболее информативна. Поэтому запись движений испытуемого при опознании ключа показывает, что рука очень быстро скользит по стержню, но затем останавливается на бородке или кольце и очень детально обследует эти информативные элементы.

Таким образом, существенным моментом гаптического восприятия является активный последовательный поиск наиболее информативных точек предмета. В специально созданных условиях Е. Н. Соколову, Л. Орана и О. К. Тихомирову удалось количественно оценить степень приближения конкретной траектории ощупывания к оптимальному режиму поиска.

Испытуемому предлагалась прямоугольная матрица размером 3×5. Помещая в ячейках этой матрицы квадратные фишки, в ней можно было выкладывать различные буквы алфавита. Задача испытуемого состояла в том, чтобы с помощью минимального числа проб (ощупываний отдельных ячеек) определить, какая буква выложена экспериментатором.

Положение информативных ячеек в матрице определяется тем набором букв, которые могут быть предъявлены испытуемому. Пусть набор состоит всего лишь из двух букв: П и Н. Ощупывание любых боковых ячеек или нижней центральной ячейки не приведет к опознанию буквы, т. к. эти точки у П и у Н одинаковы. Напротив, лишь одно ощупывание центральной или верхней ячейки сразу позволяет отличить эти две буквы.

Если взять несколько более сложный набор букв, скажем Б, Н, П, О, то любую букву можно опознать в два "хода". Например, на первом можно проверить заполненность центральной, а на втором — центральной нижней ячейки. То же самое можно сделать в обратном порядке.

221

В общем случае наиболее информативным шагом является проверка ячейки, которая на основании имеющихся сведений с равной вероятностью может быть как заполненной, так и незаполненной.

Как показали исследования процесс формирования гаптического восприятия протекает в этих условиях постепенно. Вначале испытуемый с помощью ощупывания всех точек медленно знакомился с набором всех предъявляемых букв. Затем процесс обследования матрицы сокращался и в конце опыта протекал приблизительно в соответствии с оптимальной стратегией.

Результаты исследований показывают, что процесс гаптического восприятия формы предметов претерпевает качественные изменения. Если вначале он имеет развернутый характер, то затем он постепенно сокращается, причем таким образом, что испытуемый перестает обращаться к несущественным (избыточным) точкам и сосредотачивает свое внимание на точках, несущих максимальную информацию. Это было прослежено как на процессе упражнения в ощупывании у взрослых, так и на эволюции ощупывания у ребенка. Исследование В. П. Зинченко и Б. Ф. Ломова показало, что если ребенок 4—5 лет при первом предъявлении предмета делает для получения нужной информации в среднем шесть ощупывающих движений, то при четвертом предъявлении этого предмета он делает только три движения. А ребенок 8—9 лет уже при первоначальном ознакомлении с предметом делает только одно движение, сразу выделяя достаточно информативную точку (см. стр. 28 и др.)

222

VII. ОБОНЯТЕЛЬНО-ВКУСОВАЯ СИСТЕМА

Чувствительность к химическим веществам является вероятно, древнейшей формой чувствительности. Хеморецепция одноклеточных имеет сходство с функцией специализированных клеток многоклеточных организмов, которые в процессе эволюции превратились в хеморецепторы.

Обонятельно-вкусовая система играет ведущую роль на ранних этапах филогенеза и является основной в организации проведения таких низших позвоночных, как рыбы, и таких млекопитающих, как крот, еж, собака. При переходе к высшим млекопитающим — приматам и особенно к человеку — роль этой системы значительно снижается и ведущее место переходит к более молодым перцептивным системам: зрительной и слуховой.

1. Анатомно-физиологические основы обоняния и вкуса

Обонятельные и вкусовые ощущения отражают свойства химических веществ, растворенных в воздухе или воде. Поэтому обоняние и вкус часто называют химической чувствительностью илихеморецепцией.

Помимо общности адекватного раздражителя обоняние и вкус объединяет также выполняемая ими функция. В тесном взаимодействии этих видов чувствительности легко убедиться, попытавшись, например, зажав нос отличать по вкусу сырой картофель и яблоко. Как правило, сделать это нелегко. Таким образом, то, что называют "вкусом пищи", представляет собой сложную комбинацию не только вкусовых, но и обонятельных ощущений.

Обоняние и вкус совместно контролируют процесс активного поиска и приема пищи, в связи с этим можно говорить об единой обонятельно-вкусовой перцептивной системе. Уже в опытах И. П. Павлова было показано, что обонятельные раздражители также как и вкусовые вызывают слюноотделительную реакцию. Контроль пищевого поведения со стороны этой системы обусловливает то, что животные имеют специфические спекторы запахов и вкусов,
223
теснейшим образом связанных с их экологией.

Рецепторы вкуса — вкусовые почки — впервые были открыты у рыб, у которых они распределены по всей поверхности тела, и кроме того имеются во рту. Вкусовые рецепторы человека расположены в полости рта, главным образом, на поверхности языка. Вкусовая почка состоит из 10—15 клеток, расположенных в ней подобно долькам апельсина. Эти клетки имеют маленькие ворсинковидные структуры, называемые вкусовыми волосками, которые выходят через поры покрывающую поверхность языка водянистую среду. Общее количество вкусовых почек у человека равно 2000. Главная их масса расположена во вкусовых сосочках языка, которые бывают трех видов: грибовидные, желобовидные и листовидные. Вкусовые почки неравномерно располагаются по поверхности языка. Наибольшее их скопление имеет место на кончике языка, краях и задней части спинки языка. Средняя область поверхности языка лишена рецепторов и не чувствительна к вкусовым раздражениям. Небольшое число вкусовых почек обнаружено также на небе, передних небных занавесках, глотке и гортани.

У детей вкусовые сосочки усеивают все твердое и мягкое небо, стенки горла, а также центральную поверхность языка. Однако к 16—18 годам их количество уменьшается. С этим уменьшением числа чувствительных клеток связано притупление вкусовой чувствительности.

Подкорковые центры вкуса находятся в продолговатом мозге. Здесь замыкаются простейшие рефлексы, связанные с пищевым поведением: слюноотделительный, пищеварительный и т. д. Корковые центры вкуса, как установил еще В. М. Бехтерев, находятся в медиальных отделах височной области и тесно связаны с зоной, в которую проецируются тактильные, температурные и проприоцептивные сигналы от ротовой полости (рис. 94).

Обонятельные рецепторы расположены на небольшом участке слизистой оболочки и в верхней части носовой полости. Подобно зрительным и вкусовым, они являются парными. Симметрично расположенные рецепторные области,

224

находящиеся в каждой носовой полости, отделены друг от друга носовой перегородкой. Верхние отделы внутренней полости носа выстланы особым обонятельным эпителием, где сосредоточены обонятельные рецепторы. Общая площадь эпителия на каждой стороне составляет приблизительно 2,5 кв. см. На этой небольшой поверхности функционирует почти 700 тысяч рецепторов, связанных сенсорными волокнами с обонятельными центрами мозга.



Рис. 94. Афферентные пути вкусовой чувствительности (по Д. Дейчу, 1970).

При спокойном дыхании пахучие вещества попадают в зону обонятельного эпителия в результате втягивания воздуха через ноздри при вдохе и через отверстия, соединяющие полость носа с носоглоткой, при выдохе. В последнем случае также возникают обонятельные ощущения, например, во время еды. Закрытие передних носовых ходов приводит к исчезновению обонятельной чувствительности. Это происходит даже в том случае, когда вся носовая

225

полость заполнена пахучим газом.

В обонятельном эпителии расположены также рецепторы тактильной и температурной чувствительности. Адекватное функционирование обонятельно-вкусовой системы возможно только при участии этих интермодальных компонентов, а также благодаря активным дыхательным движениям.

Обонятельные рецепторы связаны с митральными клетками, которые расположены уже непосредственно в обонятельной луковице головного мозга. Дальнейшие пути обонятельных сигналов изучены далеко не полностью, однако известно, что заканчиваются в так называемом обонятельном мозге, расположенном в медиальных отделах полушарий. У низших млекопитающих обонятельный мозг занимает почти 1/3 всей коры, у человека эти отделы редуцированы и расположены узким поясом во внутренних, лимбических структурах мозга (см. рис. 95).

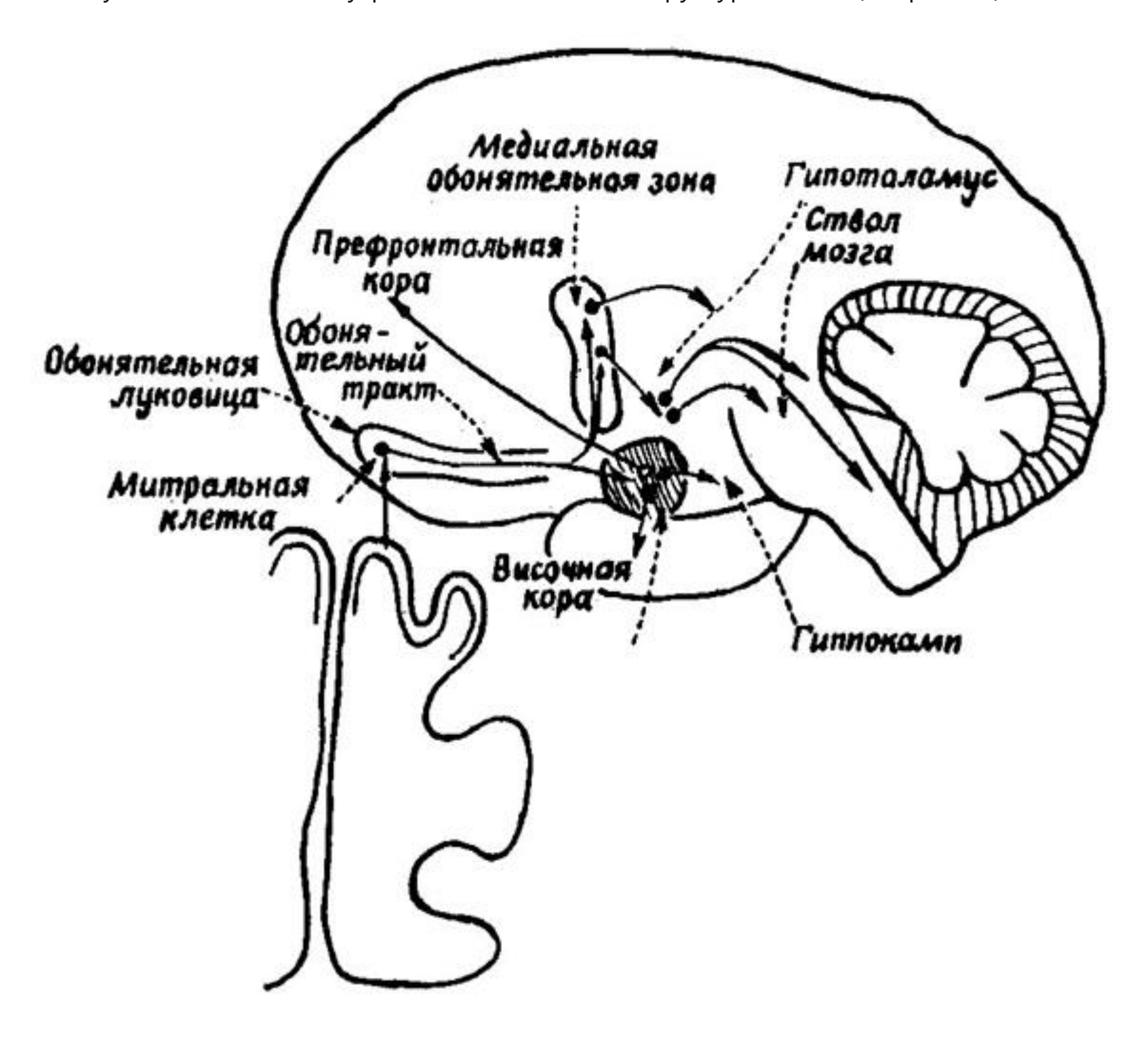


Рис. 95. Афферентные пути обонятельной чувствительности
(по С. Дейчу, 1970)

226

Наряду с афферентными обонятельными волокнами в зоне митральных клеток удалось обнаружить многочисленные эфферентные окончания. По всей видимости, они участвуют в регуляции уровня обонятельной чувствительности.

2. Вкусовые ощущения

Можно выделить четыре вида вкусовых ощущений: сладкое, кислое, горькое и соленое. Их обычно считают основными вкусовыми качествами, комбинации которых дают все многообразие вкусовых ощущений человека.

При психофизических исследованиях вкусовой чувствительности применяют чистые химические вещества определенной концентрации, которые наносятся на строго локализованные участки языка испытуемого. Для получения ощущений кислого, горького, соленого и сладкого используются соответственно растворы соляной кислоты, хинина, поваренной соли и сахара.

Вопрос о связи четырех качеств вкусовых ощущений с раздражением определенных рецепторов до сих пор остается нерешенным.

Применив электрофизиологические методы, американский исследователь К. Пфафмен (1962) показал, что кислота может вызвать разряды в одиночных волосках, реагирующих кроме того и на соленое. Однако, имеются волокна, реагирующие только на кислоту. Другим исследователям удалось обнаружить ряд одиночных вкусовых волокон, в которых потенциалы действия возникают в ответ на раздражения дистиллированной водой, без каких-либо растворенных веществ. Эти "водные" волокна были найдены у обезьяны, собаки, кролика, но их не удалось обнаружить у человека, теленка и крысы. У кошки отсутствуют вкусовые волокна, реагирующие на сладкое.

Различия в пищевом поведении различных видов животных несомненно связаны с особенностями их вкусовой чувствительности.

Неоднократно высказывались предположения, что четыре качества вкусовых ощущений человека вызываются раздражением четырех видов рецепторов, представленных

227

в разнообразных комбинациях в каждом из вкусовых сосочков и с различной плотностью распределенных на отдельных участках языка. Хорошо известно, что у человека кончик языка более чувствителен к сладким веществам, а основание, наоборот, — к горьким. Ощущение соленого связано с раздражением боков и кончика языка, а ощущение кислого возникает, главным образом, при раздражении области, ограниченной боковыми сторонами языка. Можно было бы далее предположить, что вкусовая информация передается в центральную нервную систему по волокнам, каждое из которых объединяет рецепторы нескольких видов, и это объясняет возможность возникновения смешанных вкусовых ощущений. Однако в настоящее время отсутствуют прямые доказательства правильности этой точки зрения.

В порядке возрастания вкусовой чувствительности основные вкусовые ощущения располагаются следующим образом: соленое, кислое, сладкое и горькое. Ощущение горечи во рту возникает при концентрации хинина равной всего лишь $3 \cdot 10^{7}$ молей на литр дистиллированной воды. Для получения ощущений сладкого, соленого или кислого концентрация раствора должна быть по крайней мере в 1000 раз больше. Это обстоятельство имеет очевидный биологический смысл, так как горькие вещества часто бывают ядовитыми.

Дифференциальные пороги вкусовой чувствительности равны примерно 0,20. При этом, закону Бугера-Вебера подчиняется только ощущение горького.

При нанесении химических веществ на определенные участки языка было обнаружено, что вкусовые ощущения подвержены быстрой и полной адаптации. Для этого обычно бывает достаточно 30 секунд. Так чувствительность к соленому падает за это время в 300 раз, а к сладкому в 20 раз. Изменение порогов к кислому и горькому выражено менее сильно.

В естественных условиях адаптация не возникает, так как в результате движений языка происходит постоянное изменение химической стимуляции отдельных рецепторов. Таким образом, движения языка способствуют более точному распознаванию вкусовых веществ. В оценке вкуса пищи большую роль играют также обонятельные,

228

тактильные, температурные и болевые компоненты. На пороги вкусовых ощущений влияют факторы, вызывающие сенсибилизацию (см. стр. 83 и др.). Известно, что на вкусовую чувствительность влияет температура, причем, это влияние по-разному сказывается на каждом из четырех вкусовых качеств. При различных заболеваниях пищеварительного, дыхательного и других аппаратов, участвующих в поддержании постоянства внутренней среды организма, так или иначе поражается и вкусовая чувствительность.

О зависимости вкусовой чувствительности от равновесия обменных процессов в организме говорят данные, полученные при изучении выбора крысами солевых растворов. Оказалось, что обычно крысы предпочитают 40%-ный раствор глюкозы, смешанный с 1%-ным раствором поваренной соли, чистому 40%-ому раствору глюкозы. Однако, если в брюшную полость крыс вводили 10 мл физиологического раствора, содержащего около 1% поваренной соли, то животные предпочитали чистый раствор глюкозы. Таким образом, присутствие в организме избытка поваренной соли сразу уменьшает "солевой" аппетит животных.

Вкусовая чувствительность человека также заметно уменьшается при насыщении и возрастает при голодании.

Вкус и обоняние, как протопатические виды чувствительности, имеют более аффективную окраску чем все остальные ощущения, за исключением боли. При этом интенсивное ощущение горького неприятно, а сладкого — приятно.

3. Обонятельные ощущения

В отличие от вкусовой чувствительности спектр различных воспринимаемых человеком запахов исключительно разнообразен. Обычно, определяя тот или иной запах, мы стремимся уловить его сходство с другими, известными нам запахами, например, запахом сирени, моря или уксуса. Однако, по-видимому, язык слишком беден, чтобы описать воспринимаемые запахи. Поэтому классификация запахов представляет собой трудную, далеко нерешенную задачу.

Исследователи неоднократно пытались описать и систематизировать

229

запахи. Наиболее ранние попытки сводились к простому перечислению различных запахов. В середине восемнадцатого века шведский натуралист К. Линней предложил классификацию, включающую девять растительных запахов. Эту классификацию можно было использовать как подсобное средство при отнесении растений к тому или иному классу.

Одна из наиболее известных классификаций принадлежит немецкому психологу Х. Хеннингу (1924), подробно исследовавшему более четырехсот различных запахов. Х. Хеннинг пришел к выводу, что существует шесть основных запахов: фруктовый, цветочный, смолистый, пряный, гнилостный и горелый. Отношения между ними принято изображать в виде треугольной призмы запахов, в углах которой расположены основные запахи (рис. 96). Все воспринимающиеся запахи расположены где-либо на границах, но не внутри призмы запахов.

Рис. 96. Призма запахов Х. Хеннинга.

Однако последующие работы других исследователей показали, что хотя призма Х. Хеннинга передает общие отношения между запахами, она недостаточно точна. В частности, испытуемые часто называли в качестве основного запаха кислый, а некоторые запахи помещали внутри призмы. Поэтому была предложена другая схема, включающая четыре основных компонента: ароматный, кислый, горелый и гнилостный, интенсивность которых оценивается по условной

230

шкале от нуля до восьми. Эта классификация в настоящее время имеет известное практическое применение.

Запахи можно классифицировать и по другим основаниям. Ранее уже говорилось о том, что Э. М. Хорнбостелю удалось успешно разделить "светлые" и "темные" запахи (см. стр. 57). О тесной связи обонятельных ощущений с вкусом свидетельствует существование "сладких" и "кислых" запахов. Важное практическое значение имеет разделение приятных и неприятных запахов. Эта классификация используется в парфюмерном производстве.

Физическим условием пахучести вещества является его летучесть, так как только непосредственно контактирующие с рецепторной поверхностью молекулы вещества могут вызвать запах. Огромная роль обоняния в регуляции пищевого поведения объясняет тот факт, что за небольшим исключением химическим условием пахучести является органическое происхождение вещества.

Основным нерешенным вопросом в изучении обоняния является вопрос о связи химической структуры вещества с его запахом и характером воздействия на хеморецепторы. Несмотря на имеющиеся описания соотношений химического строения и воспринимаемого запаха вещества, заранее предсказать по формуле вещества его запах трудно. Оказалось, что соединения самой различной структуры могут иметь сходные запахи, а очень близкие соединения могут пахнуть совершенно по-разному.

Было предложено немало теорий обоняния, однако ни одна из них не получила окончательного подтверждения.

Американским исследователем Дж. Эймуром (1964) была выдвинута "стереохимическая теория" обоняния. Она основана на предположении, что организм может различать формы молекул раздражителя. Дж. Эймур подразделил пахнущие вещества на несколько первичных запахов, описав характерные для них формы молекул. В соответствии с этой теорией специфическое ощущение запаха возникает в том случае, когда вещества с определенной формой молекулы попадают в подходящее "гнездо" на поверхности рецептора. Было выделено семь первичных запахов: камфорный, эфирный, цветочный, мятный, мускатный и гнилостный. Такие запахи, как запах миндаля, лимона, чеснока или запах "тухлого" являются

231

сложными, состоящими из двух или более первичных запахов.

В пользу этой теории говорит тот факт, что многие изомеры, т. е. вещества с одинаковым составом, но с разной формой молекулы, пахнут различно. С другой стороны, стереохимическая теория не объясняет, почему незначительные изменения концентрации вещества могут резко менять его запах.

В основе другой так называемой "вибрационной теории" обоняния лежит предположение о связи вибрационных движений молекулы пахнущего вещества и рецептора. В обонятельной мембране рецепторов был обнаружен пигмент желтого или коричневого цвета. Американский ученый Р. Райт (1964) высказал гипотезу, что молекулы пахнущего вещества, вибрируя, изменяют энергетический уровень пигмента. Однако и эта теория встретила много возражений.

Психофизические исследования показали, что, несмотря на затруднительный доступ к обонятельным рецепторам, присутствие пахнущего вещества может быть обнаружено даже при очень низких концентрациях. Для большинства запахов пороговая концентрация составляет от 10^{-7} до 10^{-14} молей на литр воздуха. Таким образом, из всех видов хеморецепции обоняние обладает наибольшей остротой. Оно в тысячи раз чувствительнее вкуса.

Дифференциальный порог обонятельной чувствительности колеблется в зависимости от вида запаха в пределах от 0,15 до 1,0. Это несколько больше, чем у других видов

чувствительности, иными словами, замечаются лишь сравнительно большие изменения раздражителя.

На интенсивность запаха влияют температура и влажность, поскольку с ними связана летучесть вещества. Регулярные колебания обонятельной чувствительности могут достигать размаха 1 : 50. В начале дня и вечером люди более чувствительны к запахам, чем днем. Состояние насыщенности представляет собой фактор, заметно снижающий обонятельную чувствительность.

Чувствительность к запахам возрастает во время беременности, под действием некоторых фармакологических веществ, а также при раздражении обонятельного мозга.

Существуют тонкие индивидуальные различия в обонятельной

232

чувствительности здоровых людей. Например, некоторые люди не воспринимают ряд известных запахов. Это явление в известной мере аналогично явлению "цветовой" слепоты (см. стр. 123 и д.). Оно служит доводом в пользу предположения о существовании специализированных "детекторов" запахов.

Как хорошо известно, адаптация к запахам протекает очень быстро. Необходимым условием длительного сохранения обонятельных ощущений являются дыхательные движения, вызывающие циркуляцию воздуха в носовой полости. Эта функция дыхательных движений аналогична функции движения глаз в случае зрения и движений языка в случае вкуса.

При одновременном действии на обонятельные рецепторы молекул двух или нескольких пахучих веществ возможны эффекты маскировки, компенсации или слияния запахов. Маскировказаключается в том, что один из запахов, как правило, менее интенсивный, вообще не замечается испытуемым. Другая форма взаимодействия запахов — компенсация — состоит в том, что одновременное предъявление двух запахов может приводить к их взаимному ослаблению, так что никакого обонятельного ощущения не возникает. Наконец, сочетание двух или нескольких запахов может привести к возникновению качественно нового запаха, отличного от всех составляющих смесь пахучих веществ. На подобном слиянии основан эстетический эффект смешения запахов в парфюмерии — "букет запахов".

Было бы неверно считать, что обоняние человека определяется исключительно отологической потребностью в пище. Как уже отмечалось, при оценке запахов человек прежде всего сравнивает его с запахом знакомых ему предметов. Запахи для нас являются признаками огромного числа предметов и явлений. В природе насчитывается несколько десятков тысяч пахучих веществ. Комбинации их запахов могут быть бесконечно многообразными. Однако человек способен научиться различать самые тонкие запахи, коль скоро это требуется для выполнения его предметной, практической деятельности. Именно предметный характер обонятельных ощущений имел в виду Ф. Энгельс, писавший, что "собака, обладая значительно более тонким обонянием, чем человек, не различает

233

и сотой доли тех запахов, которые для человека являются определенными признаками различных веществ".[x)]

234

VIII. ВЕСТИБУЛЯРНАЯ СИСТЕМА

В филогенезе вестибуляная система появляется очень рано. Ее наиболее древняя часть, обеспечивающая получение информации о направлении силы гравитации, имеется в развитом виде у большинства беспозвоночных.

У рыб вестибулярная система дополняется аппаратом полукружных каналов, что позволяет ей принимать участие в регуляции движений организма. Свою роль важнейшего источника пространственной информации вестибулярная система сохраняет и у человека.

1. Анатомо-физиологическое строение вестибулярного аппарата

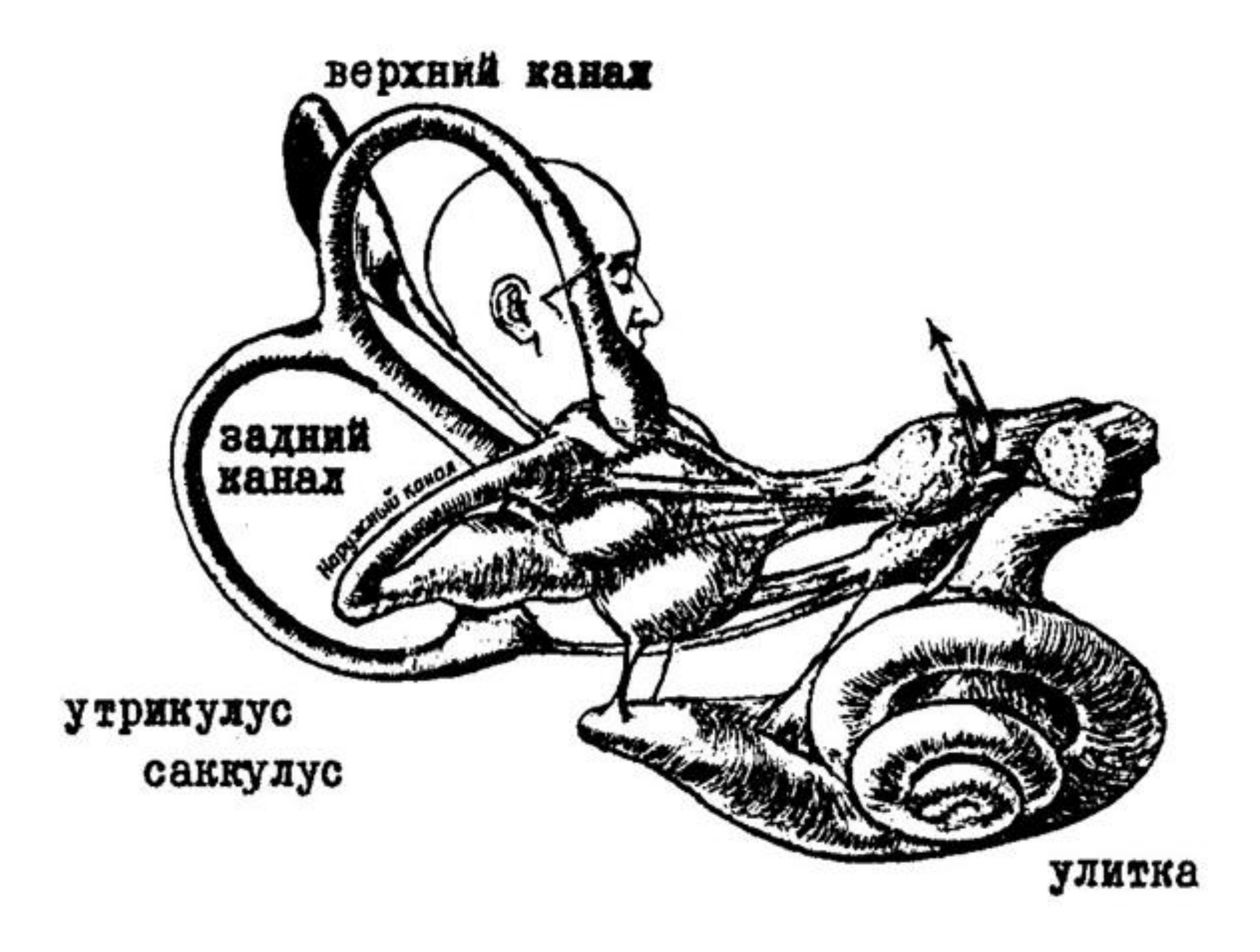


Рис. 97. Вестибулярный аппарат
(по С. Оксу, 1969).

С обеих сторон головы несколько спереди от ушной раковины в глубине костной ткани расположено внутреннее ухо — система ходов и полостей, называемая также из-за сложности своего строения лабиринтом. Внутреннее ухо функционально и анатомически

235

делится на две части: улитку, представляющую собой периферическое звено слуховой системы (см. стр. 177), и вестибулярный аппарат (рис. 97).

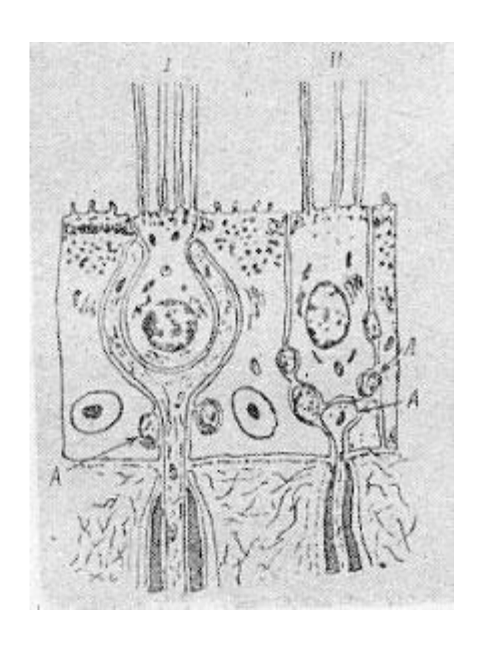


Рис. 98. Два типа волосковых клеток (по С. Оксу, 1969)
Видны окончания аксонов сенсорного нерва, подходящие непосредственно к телу рецептора (А).

Вестибулярный аппарат состоит из двух отделов: полукружных каналов и статолитового органа. В них расположены высокоспециализированные механорецепторы — волосковые клетки. Свое название эти рецепторы получили благодаря выступающим на 0,03—0,04 мм над их наружной поверхностью волоскам, напоминающим реснички (рис. 98). Непосредственно к основанию волосковых клеток подходят окончания чувствительного нерва. Волосковые клетки вестибулярного аппарата выделяются среди других рецепторов двумя характерными свойствами. Во-первых, они обладают постоянной спонтанной активностью. Это позволяет кодировать сенсорную информацию не только с помощью увеличения частоты разрядов, но и за счет ее уменьшения. Во-вторых, волосковые клетки почти не подвержены адаптации, что исключительно важно для сохранения стабильности поступающих в ЦНС сведений о положении и движениях организма. Как показали электрофизиологические исследования

236

адекватным раздражителем волосковых клеток является касательная к их поверхности (тангенциональная) составляющая действующих на волоски деформирующих сил.

Сигналы о вращательных движениях головы поступают от аппарата полукружных каналов. Они представляют собой три расположенных во взаимноперпендикулярных плоскостях протока. Заполняющая полкружные каналы жидкость — эндолимфа — может перемещаться по ним в обоих направлениях. Быстрый поворот головы вызывает круговое движение эндолимфы в противоположную сторону. При этом эндолимфа увлекает находящийся в расширенной части каждого канала сгусток желеобразного вещества, называемый капулой. Смещения капулы вызывают деформацию чувствительных волосков, что приводит в зависимости от направления смещения к увеличению или к уменьшению частоты спонтанной импульсации. Эти изменения и несут мозгу информацию о движениях головы.

Благодаря расположению полукружных каналов в трех перпендикулярных плоскостях вращение головы в любом направлении однозначно кодируется картиной изменения импульсации от волосковых клеток различных каналов. С физической точки зрения подобная система имеет существенный недостаток, заключающийся в том, что она реагирует только на ускоренные движения головы. Поэтому продолжительное равномерное вращение испытуемого вокруг собственной оси должно привести к возвращению капул в "нулевое" положение, как при полном покое, а внезапная остановка — к резкому отклонению

эндолимфы в направлении предшествовавшего движения, как при быстром рывке головы в противоположную сторону.

Однако обычно этот недостаток не мешает работе вестибулярной системы, так как практически всем естественным движениям головы свойственны частые смены направлений, большие, но кратковременные ускорения и отсутствие сколь-нибудь продолжительных периодов равномерного вращения. Кроме того, гидродинамические свойства эндолимфы таковы, что еще до раздражения волосковых клеток в вестибулярном аппарате осуществляется очень важное преобразование информации о движениях головы: благодаря своей вязкости и трению о стенки каналов эндолимфа играет роль механического интегратора ускорений головы во времени. В результате, отклонения капул, а следовательно и изменения активности рецепторов оказываются пропорциональными угловой скорости движения

237

головы (Н. Бишоф, 1966).

Другой отдел вестибулярного аппарата — статолитовый, или отолитовый орган — получил свое название из-за лежащих здесь на поверхности волосковых клеток известковых отолитов(статолитов). Если рецепторы полукружных каналов реагируют на угловую скорость движений головы, то отолитовый орган чувствителен к действующим на организм механическим силам. Эти силы бывают трех видов. Во-первых, на организм в обычных земных условиях постоянно действует сила гравитации. Для отражения направления этой силы, задающего вертикальное направление внешнего пространства, первоначально и возникла вестибулярная система. Затем, это инерционные и центробежные силы, возникающие при изменении скорости или направления движения головы.Результирующая всех этих сил является раздражителем отолитового органа. Передача столь сложной информации оказывается возможной благодаря специфическому строению отолитового органа.

Он состоит из двух частей: утрикулюса и саккулюса. Отолиты расположены в них под прямым углом друг к другу. У стоящего человека отолит утрикулюса лишь немного наклонен назад (на 10—20°) и занимает приблизительно горизонтальное положение, в саккулюсе же отолит вертикален. Под действием перечисленных выше сил отолиты деформируют волоски рецепторов, при этом сигналы от утрикулюса и саккулюса не повторяют, а дополняют друг друга.

Сенсорные импульсы от вестибулярного аппарата поступают в целый ряд инстанций головного мозга: мозжечок, средний мозг, таламус и кору. Столь широкие связи делают возможным использование вестибулярной информации для регуляции двигательных актов, например, таких, как сохранение равновесия, а также учитывать ее при перцептивной ориентации в пространстве. Особую роль, как известно (см. стр. 157 и д.), в создании образа интермодального внешнего пространства играют теменно-затылочные зоны коры. Не случайно они же являются кортикальными зонами представительства вестибулярного анализатора.

2. Моторные реакции на вестибулярную информацию

Вестибулярная система играет важную роль в координации движений субъекта. Возникающие в ответ на вестибулярную стимуляцию

238

моторные реакции выполняют две различные функции. Во-первых, они служат для сохранения нужной позы или движения тела вопреки сбивающим воздействиям со стороны внешних механических сил. Эти реакции называются реакциями сохранения равновесия. Во-вторых, вестибулярные рефлексы способствуют поддержанию неподвижности других органов чувств,

прежде всего глаз, относительно координат внешнего пространства. Эти реакции называются компенсаторными.

Полукружные каналы и отолитовый орган, связанные с переработкой различной информации, отличаются также и по видам "запускаемых" движений. Раздражение полукружных каналов, как установил в конце прошлого века немецкий физиолог И. Эвальд, ведет к возникновению моторных тенденций движения в плоскости стимулируемого канала и в направлении движения эндолимфы. Эти эффекты представляют собой сохраняющие позу реакции в ответ на навязываемые извне нежелательные повороты, наклоны и колебания головы или всего тела. Несмотря на свой автоматический, рефлекторный характер эти реакции могут полностью отсутствовать, когда та же самая стимуляция полукружных каналов является следствием активно осуществляемых субъектом движений (Э. Ф. Хольст, 1950).

Влияние раздражения полукружных каналов на движения глаз выступает в форме вестибулярного нистагма. Как говорилось ранее (см. стр. 106), нистагмом называются движения глаз, состоящие из чередующихся саккадических (быстрая фаза) и следящих (медленная фаза) движений. Направлением нистагма обычно считают направление его быстрой фазы.

Запуск и регуляция этого типа движений осуществляется, главным образом, с помощью двух перцептивных систем: зрительной и вестибулярной. В обоих случаях функция нистагма состоит в том, чтобы максимально уменьшить смещения проекций окружающих предметов по сетчатке. Решающую роль при этом играет медленная фаза, которая всегда совпадает по направлению с относительным движением окружения. У животных с малоподвижными глазами (рептилии, птицы) нистагм протекает в форме характерных подергиваний головы при ходьбе.

При вестибулярном нистагме полукружные каналы регулируют

239

исключительно медленную фазу. С нее начинается нистагм и она определяет область, в которой он осуществляется (рис. 32, б). Быстрая фаза служит для возвращения глаза в исходную позицию. В естественных условиях вестибулярный нистагм носит далеко не столь регулярный характер: быстрая фаза практически отсутствует и наблюдаются лишь зеркальные по отношению к движениям головы гладкие компенсаторные движения.

Статолитовый орган, как уже отмечалось (см. стр. 237 и др.), в общем случае реагирует на результирующую трех различных сил: гравитационной, инерционной и центробежной. Подобный принцип работы биологически оправдан, т. к. именно эта результирующая определяет величину и направление фактически действующего на движущееся тело силового поля и является, таким образом, адекватным раздражителем по отношению к реакциям сохранения равновесия. Так велосипедист при повороте наклоняется в ту же сторону, ориентируя тело по результирующей центробежной и гравитационной сил, а не только по одной последней.

Существует несколько возможных путей сохранения равновесия тела. Все они входят в число регулируемых отолитовым аппаратом реакций. Во-первых, как в только что приведенном примере, это движения, изменяющие положение центра массы тела таким образом, чтобы его проекция не выходила за границы площади опоры. Вторая возможность заключается в изменении самой площади опоры, что мы делаем, когда, пытаясь сохранить равновесие, хватаемся за окружающие предметы. Наконец, третья возможность состоит в таком перераспределении тонуса мышечных звеньев, при котором тенденция к изменению относительного положения частей тела в данном силовом поле была бы наименьшей.

Разумеется, эти реакции возникают не только при участии вестибулярной системы. Особую роль играет при этом проприоцепция от мышц шеи, т. к. она позволяет дополнить вестибулярную информацию о положении головы информацией об относительном положении тела. Не случайно поэтому изменения

мышечного тонуса наблюдаются не только при вестибулярной стимуляции, но и при увеличении

240

испульсации от проприоцепторов мышц шеи (например, за счет ее одностороннего нагревания: Р. Магнус, 1924).

Типичной компенсаторной реакцией, контролируемой отолитовым аппаратом, являются противовращения глаз во время боковых наклонов головы (рис. 99, б). Эта реакция служит для выпрямления положения проекции окружения на сетчатке. Максимальный поворот глаз достигает 5÷10°. Он наблюдается при наклоне головы, равном 60°. По отношению к отолитовым компенсаторным реакциям центробежные и инерционные силы представляют собой неадекватный биологический раздражитель. Поэтому противовращение глаз возникает и при вертикальном положении головы, когда испытуемый движется с ускорением в боковом направлении (рис. 99, в).

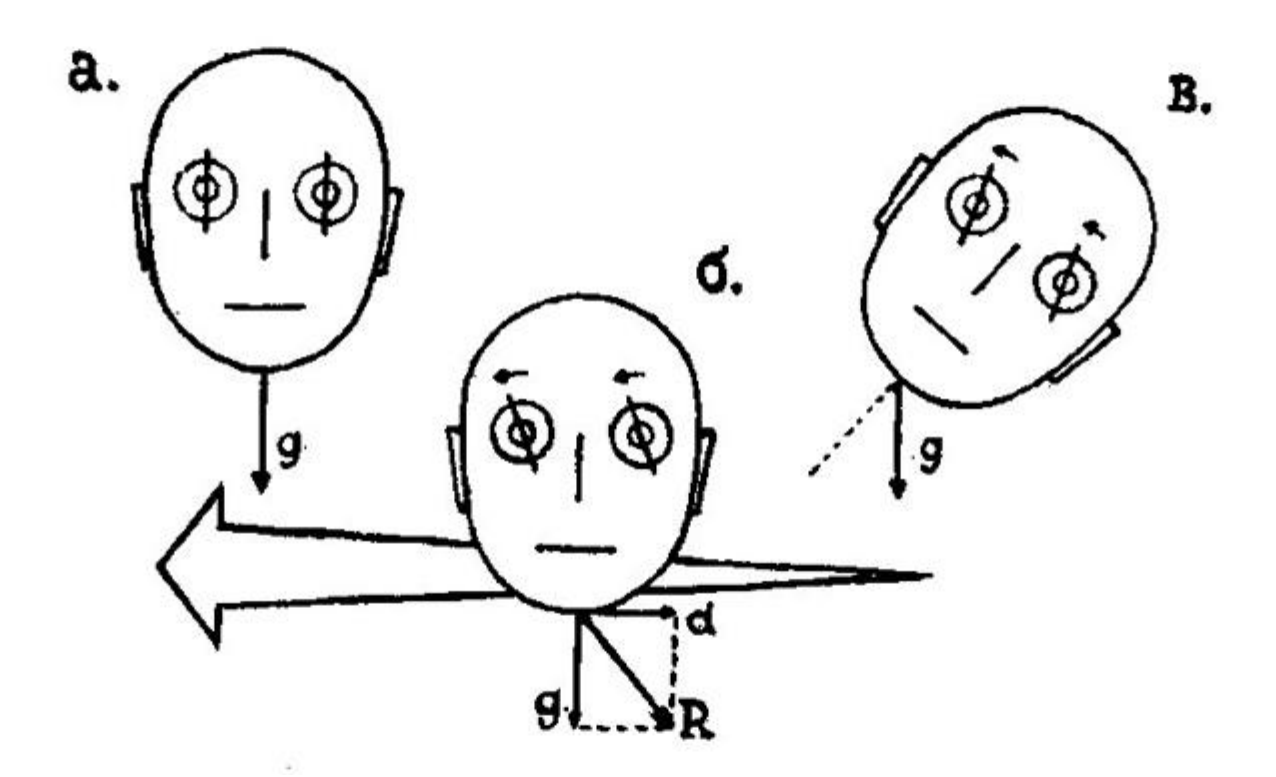


Рис. 99. а) Нормальное положение глаз при вертикальной ориентации головы) — направление силы тяжести). б) Противовращение глаз при наклоне головы. в) Та же реакция, что и в случае (б), при ускоренном движении головы в направлении, указанном стрелой (d — инерционная сила).

3. Восприятие положения и движения

Было бы ошибкой думать, что вестибулярная система участвует только в регуляции движений. Она является вторым по значению (после зрительной системы) источником пространственной информации, которая входит в качестве важной составляющей во все наши восприятия.

241

Повороты головы переменной скорости отражаются с помощью системы полукружных каналов. При этом любое смещение капулы ведет к восприятию собственного вращения в стабильном окружении. В естественных условиях наблюдается хорошее соответствие воспринятой таким образом и действительной угловой скоростью вращения головы.

Ту же самую информацию дает, как известно, и зрительная система. Кроме того, будет ли при данном раздражении вестибулярного аппарата воспринято движение всего тела или только головы определяется конкретным кинестетическим контекстом, в частности, проприоцептивной информацией от мышц шеи. Участие нескольких перцептивных систем в получении одной и той же информации влечет за собой два следствия. Во-первых, увеличивается надежность или избыточность восприятия пространственных характеристик. Во-вторых, становятся возможными интермодальные конфликты. Так, например, во время иллюзии индуцированного движения (см. стр. 161 и стр. 217) есть зрительная информация о движении тела, но нет вестибулярной. Во время качки на море или болтанки в самолете, напротив, есть вестибулярная информация о движении, но, как правило, нет полноценной зрительной. Проявлением таких конфликтов является головокружение и тошнота, т. е. хорошо известные симптомы "морской болезни".

Относительно простые взаимоотношения между движениями головы и их вестибулярным восприятием нарушаются когда испытуемый движется неестественным образом (см. стр. 139). Так внезапная остановка после продолжительного вращения вызывает у неподвижного испытуемого, сидящего на стуле с закрытыми глазами, отчетливое впечатление вращения в противоположную сторону. Одновременно появляется так называемый послевращательный нистагм, медленная фаза которого, как обычно, противоположна по направлению предполагаемому движению головы.

Вестибулярная система участвует также в восприятии движения объектов. Вестибулярная стимуляция вызывает видимое движение объекта, даже если он стабилизирован относительно сетчатки (Бифорд, 1966). Этот пример вновь доказывает, что системой отсчета для воспринимаемого движения служат реконструируемые на основании доступной организму информации координаты внешнего стабильного пространства.

242

Отолитовая система участвует в выполнении двух перцептивных действий: оценки положения тела и восприятия вертикального направления. В последние два десятилетия эта функция вестибулярной системы стала интенсивно исследоваться во многих странах мира. Проблема заключается в том, что оценивая вертикальное направление, совпадающее с направлением силы тяжести, отолитовый орган одновременно реагирует и на инерционные силы. Поэтому при ускоренном движении (в поезде, самолете, космическом корабле и т. д.) могут возникнуть различные вестибулярные иллюзии.

Так, например, при ускоренных движениях в горизонтальной плоскости в зависимости от направления ускорения у испытуемого создается впечатление наклонов вперед или назад (рис. 100). Эта иллюзия возникает потому, что за вертикаль, по отношению к которой оценивается положение тела, принимается результирующая сил тяжести и инерции.

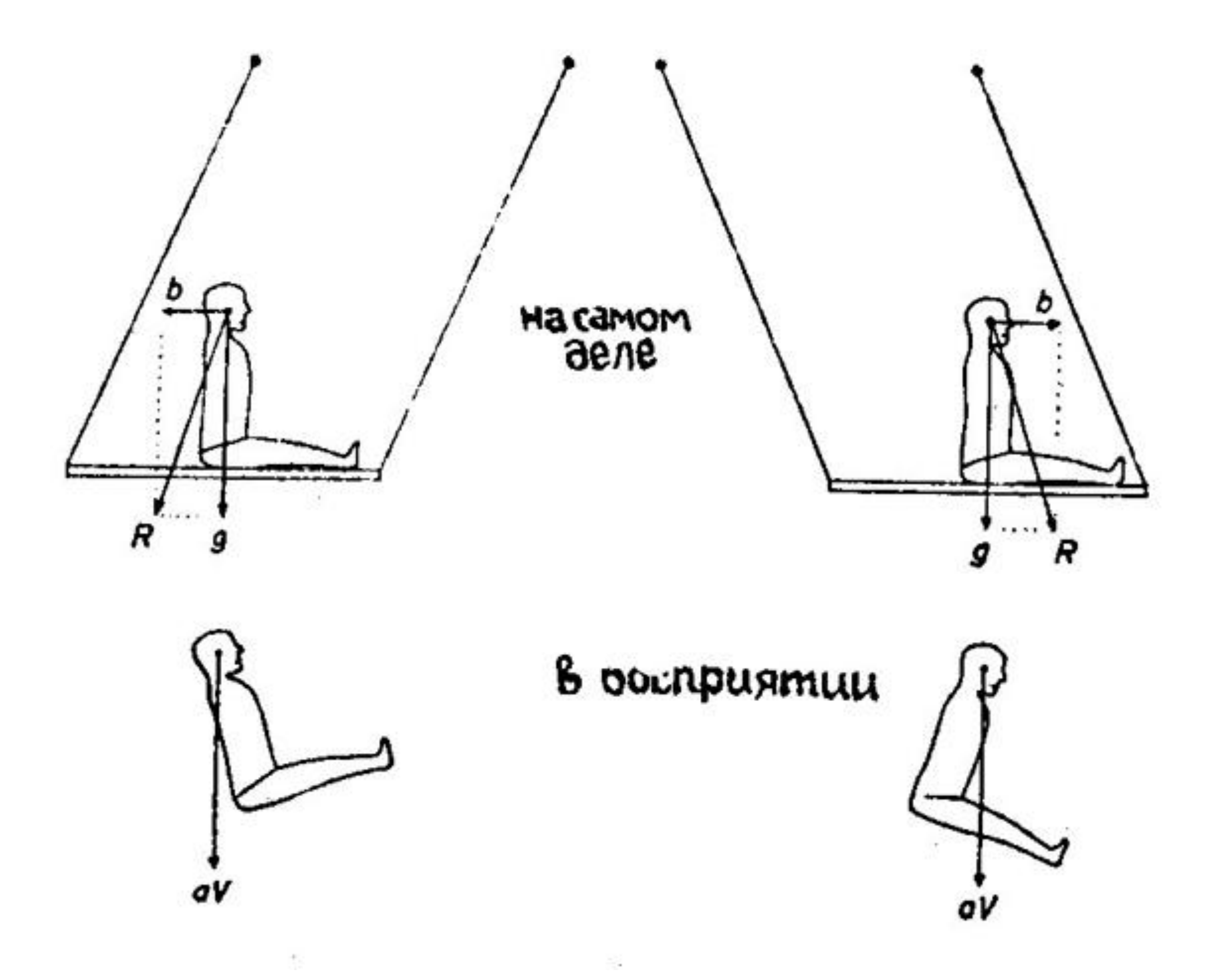


Рис. 100. Восприятие положения при движении на параллельных качелях (по Л. Б. Джонкису, 1953)
g — сила тяжести, b — инерционная сила, R — результирующая (раздражитель отолитового аппарата), αV — воспринимаемая вертикаль.

243

Другая иллюзия, неоднократно отмечавшаяся космонавтами, по-видимому, связана с ориентацией статолитов в утрикулюсе. Поскольку они расположены несколько под углом к горизонтали (см. стр. 237), ускоренные движения в вертикальной плоскости (перегрузка или невесомость) приводят к возникновению инерционной силы, сдвигающей статолиты относительно волосковых клеток. Эта информация воспринимается человеком как опрокидывание на спину при перегрузке и наклон вперед при невесомости.

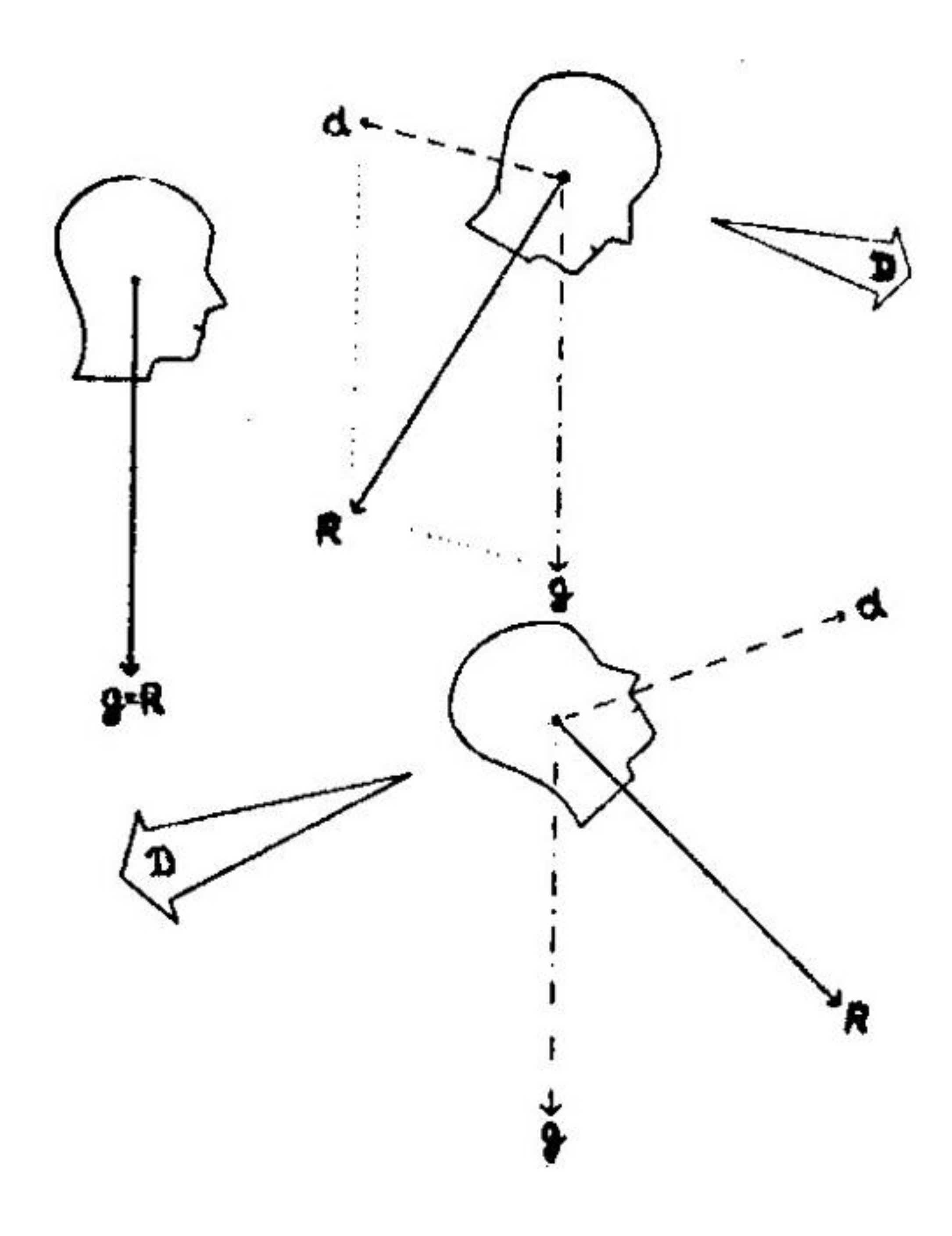


Рис. 101. Неоднозначность вестибулярной информации о прямолинейном движении. На рисунке показаны три произвольно выбранные ситуации с индентичной стимуляцией отолитов. D — направление прямолинейного движения, d — инерционная сила, g — сила тяжести, R — результирующая.

Одинаковая чувствительность и инерционным силам делает крайне ненадежной вестибулярную информацию, полученную в условиях полета на самолете. Например, на рис. 101 показан ряд ситуаций, в которых раздражение

244

вестибулярного аппарата будет одинаковым, несмотря на различное положение головы.

Исследование вестибулярной оценки вертикальности линий обычно проводилось в следующих условиях. В полной темноте испытуемому предъявлялась наклонная светящаяся линия, которую он должен был перевести в вертикальное положение. Оказалось, что испытуемый способен довольно успешно решать эту задачу даже, когда с помощью специального кресла его наклоняли в сторону. В связи с этим говорят о константности восприятия вертикали. Незначительные ошибки заключаются в том, что при малых углах собственного наклона испытуемый несколько переоценивает такой же наклон линии ("феномен Мюллера"), а при больших углах наклона (около 150°) — недооценивает его ("феномен Ауберта").

Недавно немецкие ученые Н. Бишоф и Х. Шерер (1971) провели серьезное экспериментальное исследование факторов, влияющих на оценку вертикальности линий в естественных условиях. Им удалось показать, что восприятия вертикальности обеспечивается совместной работой зрительной и вестибулярной систем. При этом зрительным признаком вертикального (и горизонтального) направления служит ориентация большинства контуров в зрительном поле. Действительно, доминирующие направления контуров обычно хорошо соответствуют горизонтали или вертикали (горизонт, деревья, дома и т. д.).

245

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЗАКАЗНАЯ

ПОДП. К ПЕЧАТИ 4/1—73 Г. Л-56005. Ф. 60 × 90 / 16
БУМ. ТИП. № 2. ФИЗ. П. Л. 15,5. УЧ.-ИЗД. Л. 11,83.
ЗАКАЗ 1054. ТИРАЖ 1550 ЭКЗ. ЦЕНА 43 КОП.

ОТПЕЧАТАНО НА РОТАПРИНТАХ В ТИП. ИЗД. МГУ
МОСКВА, ЛЕНГОРЫ

Сноски

Сноски к стр. 6
x) В. И. Ленин. Сочинения, изд. 4-е, т. 14, стр. 166.

Сноски к стр. 9
x) И. М. Сеченов. Избранные труды, стр. 593.

Сноски к стр. 11
x) В современной психологии ощущениями называют отдельные стороны или качества образа восприятия. При этом не утверждается генетическая первичность ощущений и их однозначная связь с раздражителем.

Сноски к стр. 13
x) От немецкого «Gestalt» — структура, форма, конфигурация.

Сноски к стр. 19
x) А. Н. Леонтьев. Понятие отражения и его значение для психологии. «Вопросы философии», № 12, 1966, стр. 48.

Сноски к стр. 22
x) От латинского vicarius — заместитель.

Сноски к стр. 26
x) А. В. Запорожец. «Некоторые психологические вопросы сенсорного воспитания в раннем и дошкольном возрасте», стр. 35, в сб. «Сенсорное воспитание дошкольников», АПН, М., 1963.

Сноски к стр. 31
x) Jvo Kohler, Wahrnehmung. In: Lehrßuch der experimentellen Psychologie, Bern & Stuttgart, 1963, s. 67.

Сноски к стр. 43
x) Адаптацию рецептора следует отличать от адаптационных изменений чувствительности. Последние имеют значительно более сложную структуру и включают адаптацию рецепторов в качестве одного из наиболее элементарных звеньев (см. гл. II, разд. 3).

Сноски к стр. 49
x) Н. А. Бернштейн. О построении движений. М., Медгиз, 1947.

Сноски к стр. 57
x) Цветовым кругом называется вращающийся во фронтальной плоскости диск, состоящий из белого и черного секторов. При достаточно большой скорости вращения черный и белый цвет сливаются и воспринимается равномерный серый тон, светлота которого пропорциональна доли сектора белого цвета в общей площади круга.

Сноски к стр. 63
x) Этот и два следующих примера взяты из книги: D. Krech, R. Crutchfield, N. Livson: Elements of Psychology, NY, 1969.

Сноски к стр. 69
[x)] Это заболевание называется "постконтузионной глухотой".

Сноски к стр. 77
[x)] Чаще всего в децибелах измеряют физическую интенсивность звуковых сигналов (см. стр. 182 и д.).
[xx)] Fechner G. T. In Sachen der Psychophysik, Leipzig, 1877.

Сноски к стр. 78
[x)] Stevens S. S. The direct estimation of sensory magnitude-loudness. — American journal of Psychology, 1956 (69), p. 21.

Сноски к стр. 97
[x)] Гемианопсия — выпадение половины поля зрения.

Сноски к стр. 100
[x)] Этот метод исследования связей участков коры называется нейронографией.

Сноски к стр. 110
[x)] Нит — единица яркости, при которой сила света, излучаемого с 1 кв. метра поверхности, равна 1 свече.

Сноски к стр. 123
[x)] Некоторые замечания, предвосхищающие теорию Э. Геринга, можно найти у Леонардо да Винчи и И. В. Гёте.

Сноски к стр. 135
[x)] Этот воображаемый центр, к которому сходятся бинокулярные зрительные направления, иногда называют "циклопическим глазом".

Сноски к стр. 138
[x)] Реафферентация — изменения стимуляции, вызванные собственными движениями организма (Э. Ф. Хольст).

Сноски к стр. 163
[x)] Цитируется по книге: В. Сибрук, "Роберт Вильям Вуд", М., ОГИЗ, 1946, (стр. 126). Авторы признательны проф. Д. Ю. Панову за то, что он обратил их внимание на это наблюдение Р. В. Вуда.

Сноски к стр. 176
[x)] Мерой константности формы служит обычно коэффициент константности Э. Брунсвика (см. стр. 128).

Сноски к стр. 194
[x)] Тембральные компоненты играют незначительную роль в так называемых тональных языках, к которым относятся вьетнамский и некоторые африканские языки. Основным признаком, отличающим одни звуки тонального языка от других, служит высота тона.

Сноски к стр. 197
[x)] Это нарушение речи называется сенсорной афазией.

Сноски к стр. 213
[x)] от греческого φάηταζμα — призрак.

Сноски к стр. 233
[x)] Ф. Энгельс. "Диалектика природы", стр. 135—136.